

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Porovnání dosažené bezporuchovosti silničních vozidel

Comparison of Road Vehicles Achieved Reliability

Student:

Martin Soural

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Famfulík, Ph.D.

Šumperk 2011

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 13.5. 2011

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 13.5.2011

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Martin Soral

Adresa trvalého pobytu autora práce: Králec 82, Dolní Studénky, 788 20

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Soural, M. Porovnání dosažené bezporuchovosti silničních vozidel. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, s. , Vedoucí práce: Famfulík, J.

Bakalářská práce se zabývá porovnáním dosažené bezporuchovosti silničních vozidel. Potřebná data, která byla potřeba k vyhotovení práce mi poskytla firma Čmakal Auto s.r.o. K analýze jsem vybral 10 silničních vozidel dvou značek. V práci jsem uvedl teorii o spolehlivosti, postup získání dat a jejich následné zpracování. Použil jsem analytický odhad parametrů, Exponenciální a Weibullovo rozdělení pro posouzení spolehlivosti, kontrola správného zvolení rozdělení Chí-testem dobré shody. Na závěr práce jsem provedl porovnání výsledků jak z hlediska technického, tak z hlediska ekonomického. Z těchto výsledků jak vyhodnotil na závěr spolehlivost určité značky silničních vozidel.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

Soural, M The comparison of coad vehicles achieved reliability. Ostrava: Institute of Transport, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2011, p. , Thesis: head Famfulík, J.

The Bachelor's essay is about comparing the failproof of road vehicles. The necessary information which was needed to do my essay was provided by company Čmakal Auto s. r. o. To analyze I chose ten road vehicles of two brands. In essay I used the theory of reliability, procedure of getting information and their processing. I used an analytical estimates of parameters , exponential and Weibull's split for assessment of reliability and control of the chosen partitioning by Chí – test of good match. At the end of my work I did comparing of results, from economical and technical aspect as well. From these results I assessed the point of reliability of particular brand of road vehicles.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Základní charakteristiky hodnoceného parku vozidel	2
2.1 Čmakal auto s.r.o.	2
3. Výpočetní metody používané pro hodnocení bezporuchovosti	5
3.1 Terminologie spolehlivosti	5
3.1.1 Vlastnosti objektu	7
3.2 Základy teorie spolehlivosti	10
3.2.1 Vlastnosti náhodné veličiny	10
3.2.2 Náhodný jev	10
3.3.3 Rozptyl náhodné veličiny	11
3.3.4 Histogram četnosti	12
3.3.5 Hustota pravděpodobnosti	14
3.4.3 Distribuční funkce.....	15
3.4.4 Intenzita poruch náhodné veličiny	16
3.5 Vybrané zákony rozdělení používané ve spolehlivosti.....	16
3.5.1 Exponenciální rozdělení	17
3.5.2 Weibullovo rozdělení.....	19
3.6 Chí kvadrát – test dobré shody	21
4. Stanovení charakteristik bezporuchovosti s využitím experimentálních dat	22
4.1 Bezporuchovost vozidel.....	22
4.1.1 Stanovení parametru rozdělení.....	23
4.1.2 Posuzování vozidla dle spolehlivostních parametrů	26
4.1.3 Chí –kvadrát test dobré shody.....	27
4.2 Výsledná bezporuchovost vozidel	28
4.3 Hodnocení jednotlivých celků	29

4.3.1 Výsledná bezporuchovost jednotlivých celků	31
5. Závěr a technicko – ekonomické zhodnocení	36
5.1 Technické zhodnocení.....	36
5.2 Ekonomické zhodnocení.....	37
5.3 Závěr	39
6. Seznam použitých zdrojů.....	40
Internetové stránky	40
Normy	41
7. Přílohy	41

ČSN	Česká Státní Norma
IEC	mezinárodní norma – Mezinárodní elektrotechnická komise (International Electrotechnical Commission)
ISO	mezinárodní norma – Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
W ₂ P	Weibullovo dvoupparametrické rozdělení
CD	datový nosič, součást bakalářské práce

1. Úvod

Cílem mé bakalářské práce je porovnání dosažené úrovně provozní bezporuchovosti vybrané skupiny nákladních silničních vozidel. Stanovení charakteristik bezporuchovosti a nákladů na údržbu. Porovnání bude za stejné časové období provozu. Skupina vozidel pochází z fa Čmakal auto s.r.o.

Posuzovanými vozidly jsou nákladní vozidla značky MAN a DAF. Od každé značky je posuzováno 5 vozidel podobného roku výroby.

V první části mé bakalářské práce jsem popsal společnost Čmakal auto s.r.o. Jsou zde podrobně popsány hodnocená nákladní vozidla z vozového parku firmy. V této části je popsán i postup řešení mé problematiky.

V další části, tedy druhé, se zabývám výpočetními metodami pro hodnocení bezporuchovosti. Zde jsem uvedl terminologii ve spolehlivosti, pravděpodobnost a charakteristiky. Popíšeme si Weibullovo a Exponenciální rozdělení. Obě tyto metody jsem ve své práci použil. Dále si ukážeme Odhad parametrů u těchto metod a tuto teoretickou část zakončím χ^2 testem dobré shody.

V třetí části, v té nejrozsáhlejší, jsem uvedl zpracovaná data. Na začátek jsem uvedl vzorový kompletní vzorový výpočet pro jedno vozidlo. U ostatních vozidel jsem postupoval úplně stejně, jako u ukázkového vozidla. Takhle jsem porovnal vozidla jednotlivě mezi sebou, z toho jsem zhodnotil, která skupina vozidel dosáhla lepších výsledků bezporuchovosti. Následně jsem posuzoval jednotlivé části vozidel, do kterých jsem je rozdělil. To je např. motor, spojka, převodovka, spojka, elektronika, atd. Jednotlivé části jsem zpracoval a taktéž zhodnotil výsledné bezporuchovosti jednotlivých částí vozidel.

V poslední části jsem dosažené výsledky porovnal jak z hlediska technického tak i z hlediska ekonomického, ze kterého vyplývají vlastnosti spolehlivosti a nákladů na údržbu jednotlivých typů vozidel.

2. Základní charakteristiky hodnoceného parku vozidel

V této části diplomové práce si představíme společnost Čmakal auto s.r.o., vozidla této firmy, které jsou použity pro tuto práci.

2.1 Čmakal auto s.r.o.

Společnost Čmakal Auto s. r. o. vznikla v roce 2004 jako logické vyústění neustálého rozšiřování stávající firmy Stanislav Čmakal. Firma se pohybuje v oblasti silničních přeprav již od roku 1991. Od samého počátku se také firma v přepravní oblasti specializovala na přepravu sypkých hmot, což zůstalo prioritou společnosti dodnes, i když samozřejmě vykonává kompletní přepravu všech druhů zboží.

Tím ale samozřejmě aktivity této firmy nekončí. V oblasti automobilové přepravy se snaží nabízet ucelené služby. Což v praxi obnáší aktivity související s obchodem s užitkovými vozy, přes opravárenské a spediční služby až po samotnou dopravu. Současnou prioritou firmy se stává provozování komplexních logistických řešení včetně skladování atd. Úspěšně se také rozbíhá výroba automobilových sklápěcích nástaveb vlastní konstrukce.

Hlavní činností je přeprava sypkých materiálů. Služeb s důvěrou využívá více než 300 obchodních partnerů s objemy přepravy od jednotek tun až do řádu desetitisíců tun. Díky pozitivním ohlasům se firma smí opírat o přízeň zákazníků ze zemí EU zejména pak z Rakouska, Francie, Spolkové republiky Německo, Itálie, Polska a Slovenska. Zde je nutné zdůraznit nejdůležitější krédo a tím je pro tuto společnost spokojenost zákazníka bez ohledu na jeho někdy až neuskutečnitelná přání.

2.2 Vozový park

Cílem práce je porovnání dosažené spolehlivosti u nákladních silničních vozidel. Bezporuchovost získáme pomocí náhodných veličin.

V mé práci jsou pozorovány dva typy nákladních silničních vozidel. První typ nákladního vozidla je od firmy MAN užitková vozidla Česká republika spol. s r.o. s označením MAN 26.440. Druhým typem jsou vozidla značky DAF Trucks CZ, s.r.o. s označením DAF XF 105.510.

- **MAN 18.440 TGX**

Nákladní automobily řady MAN TGX, jsou ověřené několika významnými oceněními, kromě jiného titulem „Truck of the Year 2008“. Vozidlo je vybaveno prostornou spací kabinou s dvěma lůžky na spaní. Lůžka jsou z kvalitního materiálu pro komfort řidiče. Kabina je vybavena velkým množstvím odkládacích přihrádek. Přehledná palubní deska s dobrou ergonomií všech spínačů, tlačítek a koleček. Vozidlo je vybaveno elektrickým ovládáním zrcátek, která jsou vyhřívána. Nezávislým topením, pro chladné noci a také automatickou klimatizací pro parná léta.

Vůz je poháněn vznětovým motorem o objemu 10 581 cm³, je zde využit systém common rail. Celkový výkon motoru je 324 kW (440 hp) s krouticím momentem 2 100 Nm v rozsahu 1000 – 1400 ot/min. Za motorem se nachází 16 stupňová manuální převodovka ZF-16. Převodovka je propojena kardanem k diferenciálu, který je vybavený uzávěrkou. Vozidlo je dále vybaveno asistenty ABS (Anti-lock Brake System), protiblokovací systém. Dalším pomocníkem je systém EBS a ASR. Pro lepší aerodynamiku je vozidlo vybaveno Aero-Paketem. Což napomáhá snížení spotřeby pohonných hmot. Dále zde nalezneme sluneční clonu proti nepříjemnému oslnění řidiče sluncem.



Obr. 2.1 MAN 18.440 TGX, Zdroj: Autor

- **DAF XF 105.510**

Nákladní automobil DAF XF 105.510 je další vozidlo, které vlastní firma Čmakal auto s.r.o. pro tahání silničních návěsů.

Kabina řidiče je tvořena pro řidiče tak, aby se v ní cítil pohodlně a bezpečně. Je vybavena spacím prostorem pro posádku vozu. Opět jako u předchozího modelu je dbán důraz na ergonomii a na praktičnost. Všechny důležité přepínače, vypínače jsou při ruce. Sedadla jsou pohodlná vyhřívaná. Vyhřívané je také čelní sklo a zpětná zrcátka, která jsou zároveň v elektrice. Tahač je vybaven nezávislým topením a automatickou klimatizací.

Motor o objemu 12,9 m³ PACCAR MX podává vynikající výkon 510 koní a vysoký točivý moment od 2 000 do 2 500 Nm s maximálním točivým momentem v pásnu od 1 000 do 1 400 ot/min. Šestiválcový motor je spojením výborného výkonu s úspornou spotřebou paliva. Použití vysoce kvalitních materiálů a rozsáhlá integrace funkcí vede k výborné spolehlivosti a odolnosti. Vozidlo splňuje emisní normu Euro 4. Hnací soustava je pečlivě vyvážena pro optimální výkon za všech provozních podmínek, a aby co nejlépe využívala nízkou spotřebu paliva motoru. Tento model disponuje 12-ti stupňovou převodovkou.

Z pohledu venkovního je vozidlo vybaveno aerodynamickými prvky, která nám pomáhají snižovat spotřebu paliva při jízdě. Řidiče chrání před oslněním sluneční clona.



Obr. 2.2 DAF XF 105.510 Zdroj: Autor

2.3 Postup mé práce

Získaná data budou rozdělena podle jednotlivých nákladních silničních vozidel. K pozorování jsem si vybral tahače dvou značek DAF a MAN Celkový počet

pozorovaných vozidel je 10. Pro každou skupinu jsem si vybral 5 vozidel. Z důvodu pravidelného obnovování vozového parku, jsou data stará pouze 3 roky.

Poskytnutá data neobsahují kilometrický průběh, jsou zde pouze dny, kdy byly opravy provedeny. Každou opravu jsem samostatně přepočítal, který den byla oprava provedena. Z toho jsem dále určil dobu mezi poruchami. Které jsem dále seřadil vzestupně. Po těchto krocích jsme získali data, které potřebujeme pro další práci.

Dalším krokem bude pomocí Exponenciálního jednoparametrického a Weibullova dvouparametrického rozdělení W2p vyhotoven odhad parametrů. Odhad parametrů zjistíme pomocí tabulek, která se skládá z jednotlivých dob mezi poruchami, pořadového čísla poruchy, hodnoty distribuční funkce pro danou poruchu a přirozeného logaritmu příslušné doby do poruchy.

Posledním krokem bude sestavení tabulky, ve které budou doby do poruchy rozděleny po stejných časových intervalech. Dále tabulka bude obsahovat hodnoty hustoty pravděpodobnosti, distribuční funkce, bezporuchovosti a intenzity poruch. Pro každé tyto hodnoty bude vytvořen graf. Posledním krokem bude potvrzení správného zvolení Exponenciálního nebo Weibullova rozdělení a to χ^2 testem dobré shody.

3. Výpočetní metody používané pro hodnocení bezporuchovosti

V této kapitole si uvedeme potřebnou teorii, kterou je nutné znát k mé práci. Popíšeme si terminologii ve spolehlivosti dle dvou norem. Představíme si co považujeme pod pojmem objekt.

3.1 Terminologie spolehlivosti

Spolehlivost dle ČSN ISO 9000:2000

Spolehlivost je v této normě definována jako souhrnný termín, používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují[1].

- bezporuchovost je schopnost objektu plnit nepřetržitě požadované funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek,

- udržovatelnost je schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo se vrátit do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci tehdy, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy i prostředky,
- zajištěnost údržby je schopnost organizace poskytující údržbářské služby zajišťovat dle požadavků v daných podmínkách prostředky potřebné pro údržbu v souladu s koncepcí údržby[1].



Obr.3.1 Širší pojetí spolehlivosti Zdroj:[1]

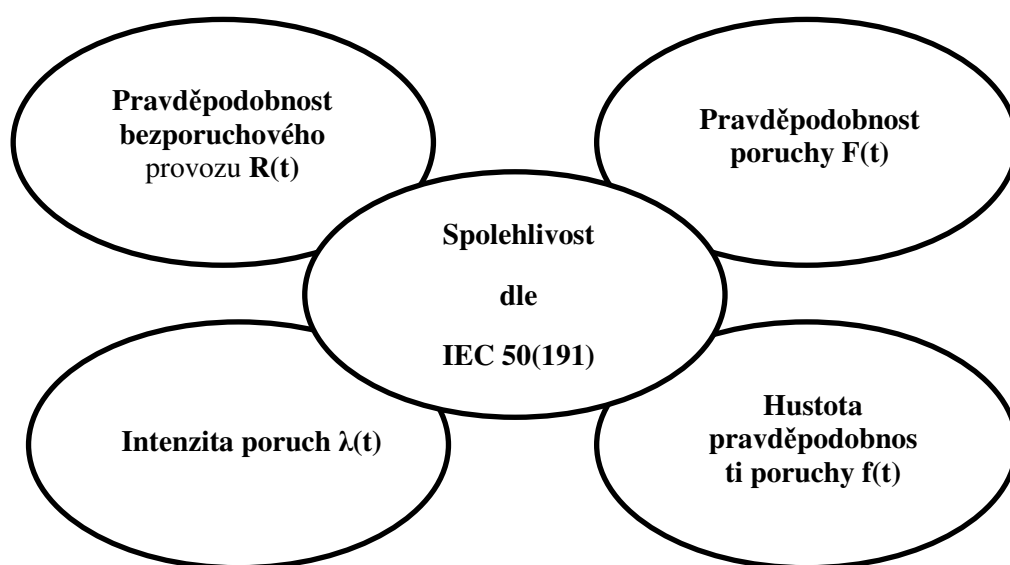
Spolehlivost dle ČSN IEC 50(191)

Spolehlivost je vyjádřena jako pravděpodobnost bezporuchového provozu, to je pravděpodobnost, že objekt může plnit požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu. Od této vlastnosti lze odvodit další charakteristiky.

V této normě jsou definovány další pojmy vztahující se k bezporuchovosti a údržbě:

- porucha znamená částečnou nebo úplnou ztrátu schopnosti provozu soustavy nebo prvku. Pokud dojde ke změně schopnosti provozu, rozhoduje se, zda jde o poruchu nebo ne, podle stanovených podmínek provozu.
- dobu do první poruchy je celková doba provozu objektu od okamžiku prvního uvedení do použitelného stavu až do poruchy,
- dobu mezi poruchami je doba trvání mezi dvěma po sobě následujícími poruchami opravovaného objektu,

- doba údržby je časový interval, během něhož se na objektu provádí údržbářský zásah buď ručně, nebo automaticky, včetně technických a logistických zpoždění,
- údržba kombinace všech technických a administrativních činností, včetně činnosti dozoru, zaměřených na údržbu objektu ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci. Z hlediska údržby jsou podstatná preventivní údržba a údržba po poruše,
- preventivní údržba je údržba prováděná v předem určených intervalech nebo podle předepsaných kritérií a je zaměřená na snížení pravděpodobnosti poruchy nebo degradace fungování objektu,
- údržba po poruše je údržba prováděná po zjištění poruchového stavu a je zaměřená na uvedení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci,
- pohotovost je schopnost objektu být ve stavu schopném plnit požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo intervalu, za předpokladu, že jsou zajištěny požadované vnější prostředky[1].



Obr.3.2 Užší pojetí spolehlivosti Zdroj: [1]

3.1.1 Vlastnosti objektu

Objekt je jakákoli část, součást, zařízení, část systému, přístroj, s kterým je možné se individuálně zabývat [3].

Při uvádění různých praktických příkladů se pojem objekt nahrazuje, podle potřeby, dalšími konkrétnějšími pojmy jako např. brzdová soustava, hydraulika, rám apod. Objekt pak může být pak opravený, či neopravený.

Opravovaný objekt je objekt, který se po poruše skutečně opravuje. U tohoto objektu pozorujeme v provozu po sobě se opakující poruchy a obnovy až do okamžiku dosažení jeho mezního stavu. (Opravitelný objekt, který se po poruše skutečně opravuje.),

Neopravovaný objekt se po poruše neopravuje. U takového objektu je doba do jeho první poruchy současně dobou do dosažení mezního stavu, tedy dobou užitečného života. (Objekt, který se po poruše neopravuje.)[3].

Vlastnosti objektu

Spolehlivost souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují: bezporuchovost, udržovatelnost a zajištěnost údržby,

Pohotovost schopnost objektu být ve stavu schopném plnit požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu, za předpokladu, že jsou zajištěny požadované vnější prostředky. Pohotovost je komplexní vlastnost, zahrnující bezporuchovost, udržovatelnost a náklady na údržbu. Vnějšími prostředky, které jsou v definici uvedeny, se rozumí prostředky údržby, jiné požadované vnější prostředky pohotovost neovlivňují,

Životnost schopnost objektu plnit požadovanou funkci v daných podmínkách používání a údržby do dosažení mezního stavu,

O ukončení schopnosti plnit požadovanou funkci zde rozhoduje mezní stav, což je stav, při kterém musí být ukončeno používání objektu z technických, technologických, ekonomických, bezpečnostních či jiných závažných důvodů,

U neopravovaných objektů je mezní stav dosažen v okamžiku nastoupení první poruchy (objekt se po poruše neopravuje) a doba provozu do této první (a současně poslední) poruchy je tedy rovna době užitečného života objektu (např. žárovka, ložisko, atd.). V případě opravovaných objektů se objekt po poruše opravuje, přičemž počet oprav není formálně ničím omezen (z věcného hlediska může být limitován například ekonomicky, technologicky apod.). Celkový užitečný život (životnost) opravovaného objektu je potom dán součtem dob provozu (mezi jednotlivými opravami) až do vzniku mezního stavu objektu,

Udržovatelnost schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu, nebo se do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postup [3].

Jedná se tedy o schopnost objektu být udržován v provozuschopném stavu prováděním preventivní a opravné údržby.

Stavy objektu

Provozní stav, kdy objekt plní požadovanou funkci,

Prostoj stav objektu kdy neplní požadovanou funkci. Když hovoříme o prostoji, nesledujeme, proč objekt neplní svou funkci, ale jen skutečnost, že ji neplní. Důvodem prostoje je porucha, provádění preventivní údržby, nezajištěnost vnějších zdrojů a nebo objekt nevyžadujeme, proto jsme ho odstavili mimo provoz,

Použitelný stav objektu charakterizovaný skutečností, že objekt může plnit požadovanou funkci za předpokladu, že vnější prostředky, jsou-li požadovány, jsou zajištěny,

Poruchový stav je stav objektu charakterizovaný neschopností plnit požadovanou funkci, kromě neschopnosti během preventivní údržby nebo jiných plánovaných činností nebo způsobený nedostatkem vnějších zdrojů,

Poruchový stav je zpravidla výsledkem poruchy vlastního objektu, může však být bez předchozí poruchy. Jako opak se často používá termín bezporuchový stav

Neprovozuschopný stav je stav objektu charakterizovaný jeho neschopností z jakýchkoliv důvodů plnit požadovanou funkci,

Neprovozuschopný stav z vnějších příčin je stav objektu, kdy je objekt v použitelném stavu, ale nemá požadované vnější prostředky nebo je neprovozuschopný z důvodů jiných plánovaných operací než je údržba,

Neprovozuschopný stav z vnitřních příčin je stav objektu charakterizovaný buď poruchovým stavem, nebo možnou neschopností plnit požadovanou funkci během preventivní údržby[3].

3.2 Základy teorie spolehlivosti

Požadavky na vozidla a jejich systémy jsou obecně vyjádřeny jako jakostní parametry. Kromě požadavků na funkční vlastnosti musí mít vozidla a jejich systémy schopnost vykonávat své funkce za daných provozních podmínek po stanovenou dobu. Vzniká tak požadavek na jejich spolehlivost[1].

Matematickým základem teorie spolehlivosti je počet pravděpodobnosti a matematická statistika. Tyto nástroje jsou potřebné k popisu a analýze náhodných jevů a procesů odpovídajících procesu poruch a obnov. Inherentní spolehlivost výrobku nebo systému je zásadně ovlivněna volbou koncepce, funkčních principů a prostředků pro realizaci, tedy rozhodnutími provedenými v prvních fázích života výrobku. V dalších etapách bývá zlepšení spolehlivosti obtížné a nákladné, proto je nutné seznámit se alespoň se základy teorie spolehlivosti a vlastnostmi náhodných veličin [1].

3.2.1 Vlastnosti náhodné veličiny

Experimentální stanovení životnosti a spolehlivosti se provádí zkouškami spolehlivosti. Při první z nich se se zjišťuje délka technického života. Praktické provádění těchto zkoušek je u vozidel spojeno se značnými obtížemi. Doba zkoušení může být velice dlouhá a nákladná. Vzhledem k dlouhé životnosti některých vozidel, která končí znehodnocením vozidla, je tato zkouška nesmyslná. Stanovení spolehlivosti z údajů o provozu, získanou během provozu vozidla, je častou používanou metodou. Vedení veškerých záznamů poruch, příčin poruch, době provozu a době údržby, jsou dobrým předpokladem pro získání použitelných údajů. Je proto nutné si vést v provozu informační systém zaměřený na získávání údajů, které je dále možné použít pro práci v oblasti spolehlivosti [1].

3.2.2 Náhodný jev

Ve spolehlivosti pod tímto pojmem rozumíme provedení technického experimentu, jehož výsledek označujeme jako náhodný jev. (vznik poruchy, ukončení opravy, atd.) [1] Existují čtyři druhy jevů.

- Jisté při dodržení stejného komplexu podmínek i při opakované realizaci nastane jev vždy,

- Nemožné při dodržení stejného komplexu podmínek i při opakované realizaci jev nenastane nikdy,
- Náhodné v závislosti na náhodě, při dodržení stejného komplexu podmínek i při opakované realizaci jev může, ale i nemusí nastat. Jev tedy nastává s pravděpodobností, a to konstantní nebo proměnnou,
- Chaotické – nepatří mezi žádnou z výše uvedených kategorií, těmito jevy se dále nezabýváme. V případě výskytu tohoto velmi složitého jevu se používají jiné přístupy, např. expertní metody [1].

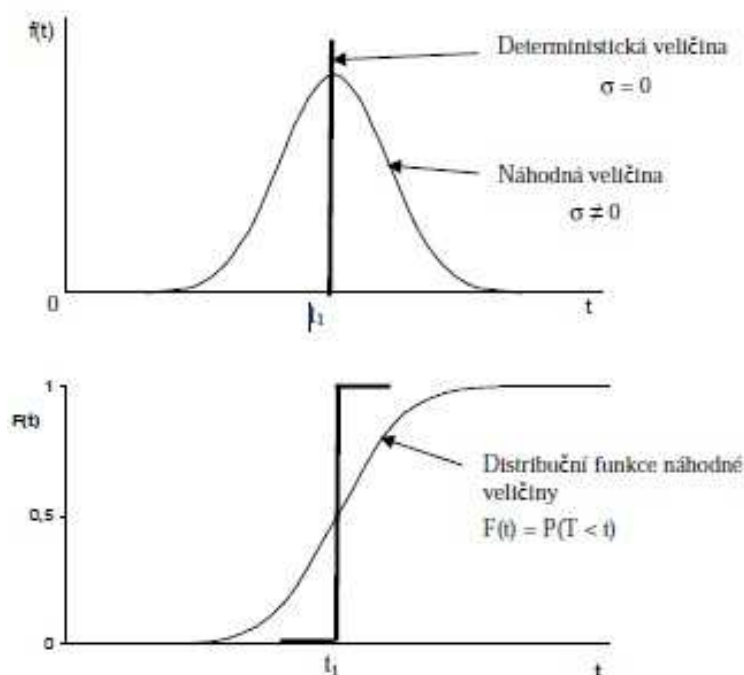
Náhodné jevy, jsou předmětem zkoumání spolehlivosti, jsou zároveň výsledkem opakovaných experimentů a vznikají s odhadnutelnou pravděpodobností. Podmínky experimentu jsou pevně definované, protože jejich změna by mohla průběh experimentu změnit. Mohlo by se stát, že náhodný jev by se jevil jako jev jistý nebo nemožným a naopak.

K číselnému vyjádření spolehlivosti vozidel, musíme mít vhodně zvolené veličiny, jako je kilometrový průběh vozidla při vzniku poruchy, dobu používání do poruchy a dobu trvání opravy apod. Pomocí těchto veličin používáme nástroje a pojmy známé z teorie pravděpodobnosti.

3.3.3 Rozptyl náhodné veličiny

Při zkouškách spolehlivosti sledujeme četnost nastoupení jevů v závislosti na měřitelných jednotkách (čas, kilometrový průběh, počet cyklů). Tyto znaky charakterizují zkoušenou vlastnost a při nezměněných podmínkách zkoušení se při opakování experimentu (zkoušky) náhodně mění ve značně širokém rozmezí. Proměnlivost je ovlivněna mnoha činiteli (mnohdy nepoznatelnými), a z toho vyplývá nemožnost deterministického určení okamžiku nástupu jevu. Nemůžeme například tvrdit, že k poruše žárovky dojde vždy přesně po 100 hodinách svícení, podvozek vozidla se porouchá přesně po ujetí 1000 km [1].

Pokud by rozptyl neexistoval, problematika spolehlivosti by se značně zjednodušila. Stačilo by vyzkoušet jediné vozidlo a závěry ze zkoušky by platily pro celý soubor (výrobní sérii) vozidel. Bohužel, takto postupovat nelze, je nutné vždy provést jistý počet zkoušek a výsledky zobecnit na celou populaci výrobků [1].



Obr.3.3 Rozptyl náhodné veličiny Zdroj: [1]

Kde:

σ ... je rozptyl náhodné veličiny [-]

T_1 ... očekávaná (odhadnutá) střední hodnota náhodné veličiny, [-]

T ... náhodná veličina, [-]

t ... časová proměnná. [h]

3.3.4 Histogram četnosti

Histogram četností je často používaný prostředek pro zobrazení průběhu náhodné veličiny. Používá se ke znázornění rozdělení absolutních nebo relativních četností spojitého znaku, např. doby do poruchy vozidla. Je to sloupcový graf, který lze charakterizovat následovně: [1]

- Sloupce v histogramu jsou vždy vertikální. Jejich výška odpovídá četnosti (absolutní nebo relativní),
- Stupnice na vodorovné ose grafu je vždy ve stejných jednotkách, např. hod,
- Šířka každého sloupce je úměrná šířce třídy posuzované veličiny[1].

Histogram četností lze u spojitých veličin nahradit funkcí $f(t)$ – hustotou pravděpodobnosti. Podobně kumulativní histogram četností lze u spojitých veličin nahradit distribuční funkcí $F(t)$ [1].

Šířku třídy získáme pomocí vztahu:

$$\Delta T = \frac{t_{max} - t_{min}}{1 + 3,3 * \log N} \quad [h] \quad (3.1)$$

t_{min} ... nejkratší doba do poruchy [h]

t_{max} ... nejdelší doba do poruchy [h]

N ... počet záznamu [-]

Počet tříd:

$$i = \frac{t_{max}}{\Delta T} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.2)$$

i ... počet tříd [-]

t_{max} ... maximální doba do poruchy [h]

T ... šířka třídy [h]

- Počet tříd zaokrouhlíme na nejbližší vyšší celé číslo.

Relativní četnost:

$$X_i = \frac{r_i}{N} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad [-] \quad (3.3)$$

r_i ... absolutní četnost poruch náležejících do i – té třídy [-]

N ... celkový počet poruch [-]

Relativní kumulativní četnost:

$$C_i = \sum_{i=1}^n X_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad [-] \quad (3.4)$$

Tab. 3.1 Tabulka pro sestavení histogramu

č. třídy	Třída [den]	Absolutní četnost	Absolutní kum. četnost	Relativní četnost	Relativní kum. četnost
1	15	11	11	0,31	0,31
2	30	14	25	0,39	0,69
3	45	6	31	0,17	0,86
4	60	2	33	0,06	0,92
5	75	2	35	0,06	0,97
6	90	1	36	0,03	1,00

Kde:

r_i - absolutní četnost poruch náležející do i – té třídy [-]

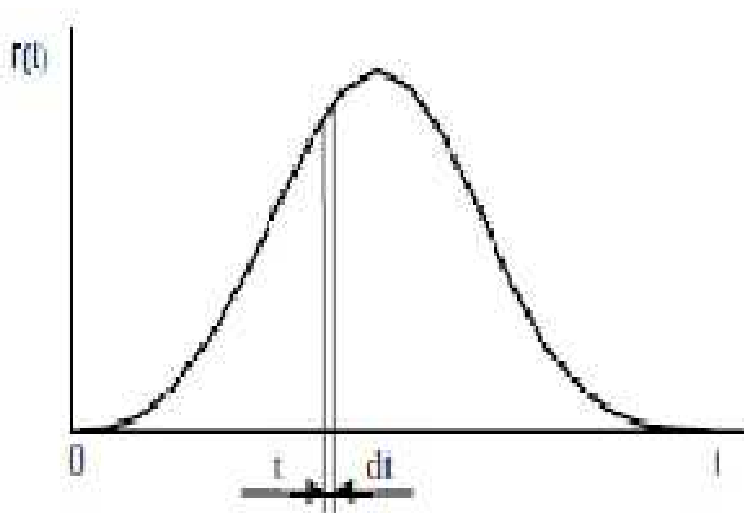
N -celkový počet poruch [-]

i - pořadové číslo třídy [-]

n - celkový počet tříd. [-]

3.3.5 Hustota pravděpodobnosti

Hustota pravděpodobnosti je funkce, vyjadřující pravděpodobnost, že náhodná veličina T nabude hodnoty z nekonečně malého intervalu dt . [1].



Obr.3.4 Hustota pravděpodobnosti Zdroj: [1]

Hustota pravděpodobnosti je nezáporná $f(t) \geq 0$.

Velikost plochy pod křivkou je rovna jedné:

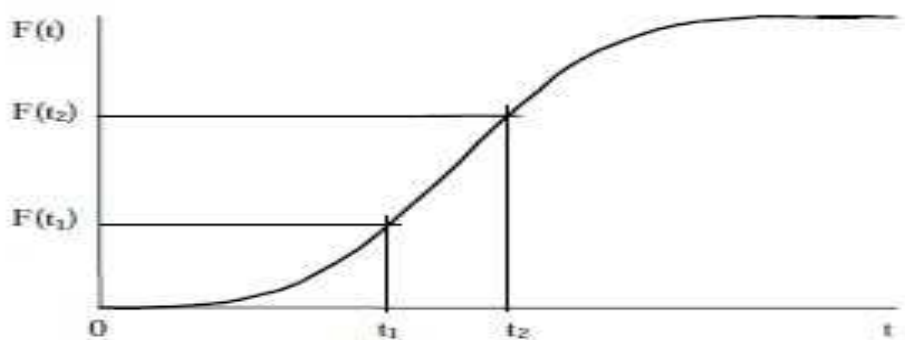
$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t) dt = 1. \quad (3.5)$$

3.4.3 Distribuční funkce

Distribuční funkce je pravděpodobnost, že náhodná veličina T nabude hodnoty menší nebo rovné, než je zadaná hodnota $t[1]$.

Pravděpodobnost, že náhodná veličina padne do intervalu $\langle t_1, t_2 \rangle$ je dána vztahem

$$x_i = \frac{r_i}{N} \quad [-] \quad (3.6)$$



Obr. 3.5 Distribuční funkce spojitě náhodné veličiny Zdroj: [1]

Distribuční funkce má vlastnosti :

- nezáporná a nabývá hodnoty z intervalu $\langle 0, 1 \rangle$,
- neklesající, tedy $F(t_2) \geq F(t_1)$ pro všechna $t_2 \geq t_1$,
- mezi hustotou pravděpodobnosti a distribuční funkcí je jednoznačný vztah:

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad \text{za předpokladu, že existuje derivace } F(t) \text{ podle } t,$$

- pro diskrétní náhodnou veličinu je distribuční funkce dána:

$$F(X \leq a) = p(x_1) + p(x_2) + \dots + p(a) = \sum_{i=1}^{i=a} p(x_i)$$

V teorii spolehlivosti je základní sledovanou náhodnou veličinou doba od uvedení do provozu do poruchy výrobku. Distribuční funkce má potom význam pravděpodobnosti poruchy výrobku v čase t a značí se $F(t)$.

3.4.4 Intenzita poruch náhodné veličiny

Intenzita poruch je definována jako podmíněná pravděpodobnost, že jev (např. porucha), nastane za nekonečně malý okamžik dt za podmínky, že do okamžiku t jev nenastal[1].

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad [-] \quad (3.7)$$

Je-li výkonový parametr kilometrový průběh vozidla, má intenzita poruch rozměr $1/\text{km}$ a udávají se v jednotkách $1/1000\text{km}$.

Jakákoli z veličin $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$, $\lambda(t)$ popisuje kompletní bezporuchovost a z každé veličiny lze vyjádřit zbývající veličiny.

$$\lambda(t) = \frac{\frac{dF(t)}{dt}}{R(t)} = - \frac{dR(t)}{R(t)dt} \quad [-] \quad (3.8)$$

3.5 Vybrané zákony rozdělení používané ve spolehlivosti

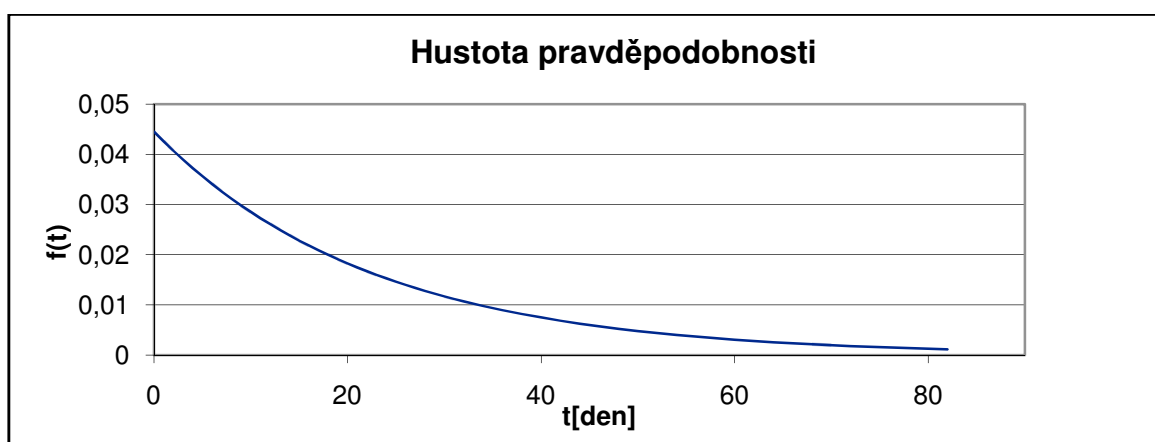
Údaje získané ze spolehlivostních zkoušek se porovnávají s některým ze zákonů rozdělení náhodné veličiny. Volbou vhodného zákona rozdělení získáme racionální popis spolehlivostních vlastností zkoušeného výrobku. Zákon rozdělení se volí v souladu s průběhem získaných dat, např. podle tvaru histogramu četností a podle požadavků na shodu s touto charakteristikou. Zákon rozdělení s udanými parametry zcela popisuje charakteristiky spolehlivosti, a je tak možné výpočtem stanovit všechny další veličiny [1].

3.5.1 Exponenciální rozdělení

Průběh intenzity poruch u exponenciálního rozhodnutí je konstantní, a proto se velmi často používá k vyjádření především normálního cyklu výrobku. Do tohoto rozdělení se řídí např. elektroniky nebo u výrobků, kde je intenzita poruch konstantní. Označuje se $Ex(\lambda)$ a je určeno jedním parametrem $\lambda[1]$.

Hustota pravděpodobnosti je dána vztahem:

$$f(t) = \lambda * e^{(-\lambda t)} \quad \lambda > 0, t \geq 0 \quad [-] \quad (3.9)$$



Obr.č. 3.6 Exponenciální rozdělení – $f(t)$ Zdroj: Autor

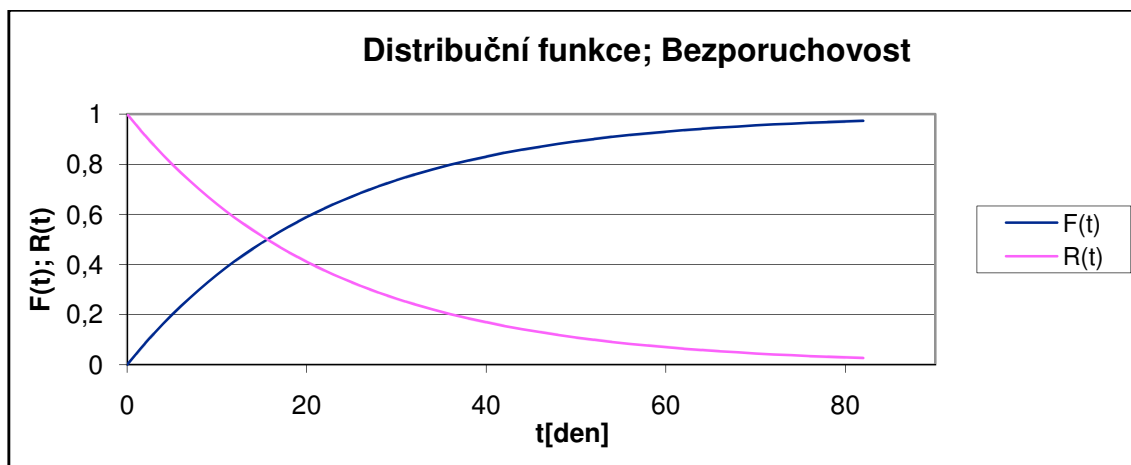
Distribuční funkce je dána vztahem:

$$F(t) = 1 - e^{(-\lambda * t)} \quad \lambda > 0, t \geq 0 \quad [-] \quad (3.10)$$

Pravděpodobnost bezporuchového provozu je dána vztahem:

$$R(t) = e^{(-\lambda * t)} \quad \lambda > 0, t \geq 0 \quad [-] \quad (3.11)$$

Pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$ je v literatuře nazývána i jako funkce spolehlivosti. Má tvar klesající exponenciály a je charakteristické, že u $Ex(\lambda)$ rozdělení rychle klesá[1].

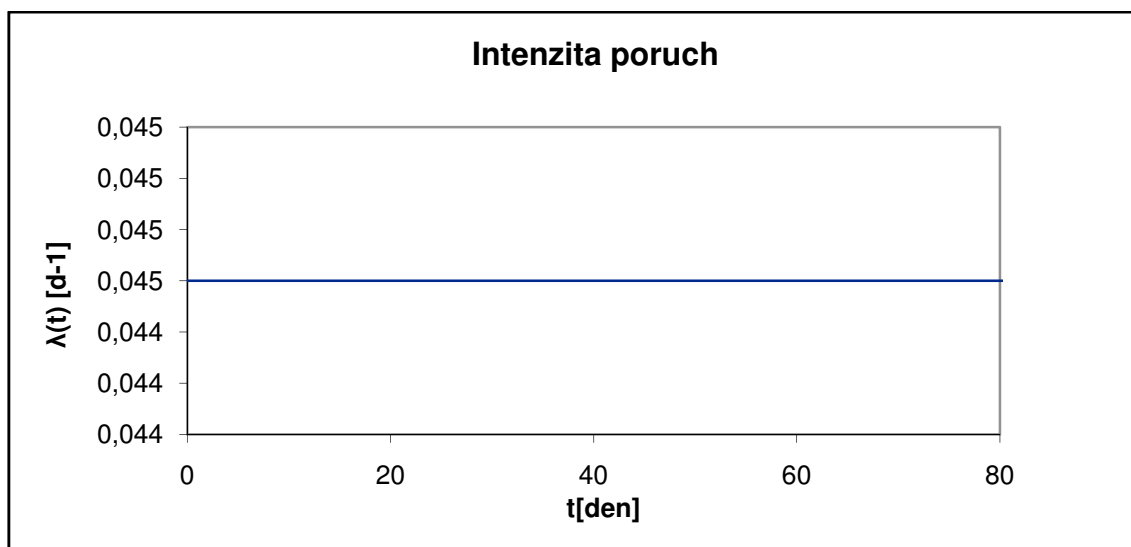


Obr.č. 3.7 Distribuční funkce a pravděpodobnost bezporuchového provozu Zdroj:

Autor

Intenzita poruch je dána vztahem:

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda = \text{konst.} \quad \lambda > 0, t \geq 0 \quad [-] \quad (3.12)$$



Obr.č. 3.78 Průběh intenzity poruch exp. rozdělení Zdroj: Autor

Odhad $E_x(\lambda)$ parametrů s využitím lineární regrese

Odhad provedeme pomocí využití proložení empirických dat přímkou metodou nejmenších čtverců. Jako první krok uděláme úpravu distribuční funkce $F(t)$. Dále uděláme následnou substituci rovnice přímky. V dalším kroku stanovíme parametry rovnice přímky proložení empirických dat již zmiňovanou metodou nejmenších čtverců.

- pravděpodobnost, že porucha nastane, popisuje vztah (3.) z toho odvodíme následné vztahy:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda * t}$$

$$1 - F(t) = e^{-\lambda * t}$$

$$\ln(1 - F(t)) = -\lambda * t$$

- pomocí směrnice přímky dostaneme:

$$y = \ln(1 - F(t)) \quad [-] \quad (3.13)$$

$$k * x = -\lambda * t \rightarrow k \approx -\lambda, \quad x \approx t$$

$$q = 0$$

- odhad mediánového pořadí F_i :

$$F_i = \frac{n_i - 0,3}{N + 0,4} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad [-] \quad (3.14)$$

n_i ... pořadové číslo poruchy

n ... celkový počet poruch

3.5.2 Weibullovo rozdělení

Weibullovo rozdělení je nejčastěji používá k modelování průběhu náhodné veličiny ve spolehlivosti. Jeho výhodou je velká variabilita, a proto se používá pro posuzování bezporuchovosti technických objektů. V tomto případě pracujeme pouze jen s jedním tvarem rovnice. Nemusíme tím pádem používat více typu rovnic.

Původně bylo Weibullovo rozdělení odvozeno prof. Weibullem jako tříparametrové. Při běžných výpočtech se používá dvouparametrové, což vytvoříme jednoduchou úpravou. Úpravou je, že parametr c položíme roven nule ($c=0$), tím vznikne W2p rozdělení[1].

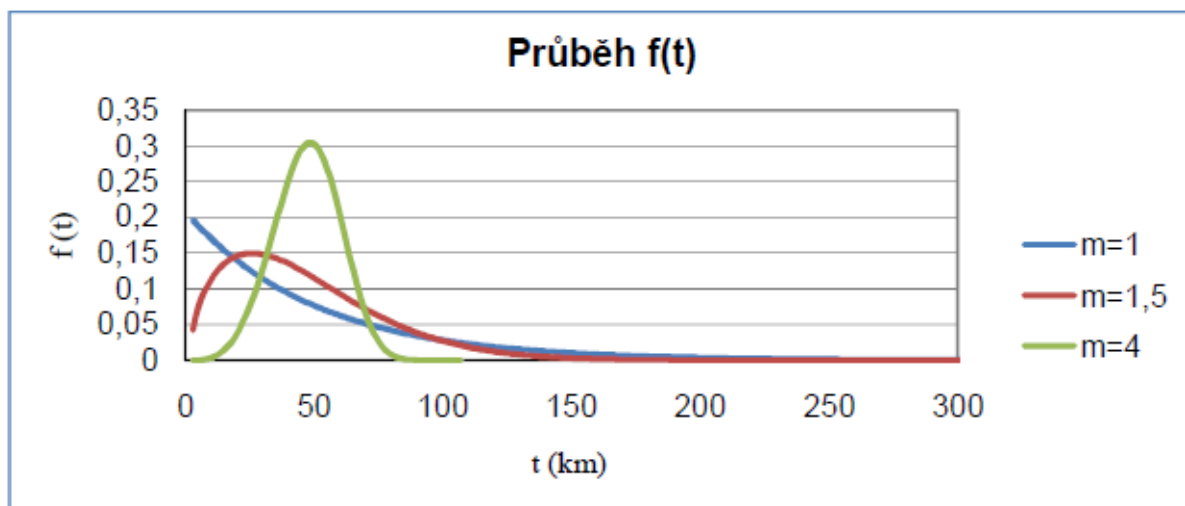
$$f(t) = \frac{m}{t_0} * \left(\frac{t}{t_0}\right)^{m-1} * \exp\left[-\left(\frac{t}{t_0}\right)^m\right] \quad t \geq 0 \quad [-] \quad (3.15)$$

Kde:

t_0 ... parametr měřítka, $t_0 > 0$ (někdy označen b) [h]

m ... parametr tvaru, $m > 0$ (někdy označen a) [-]

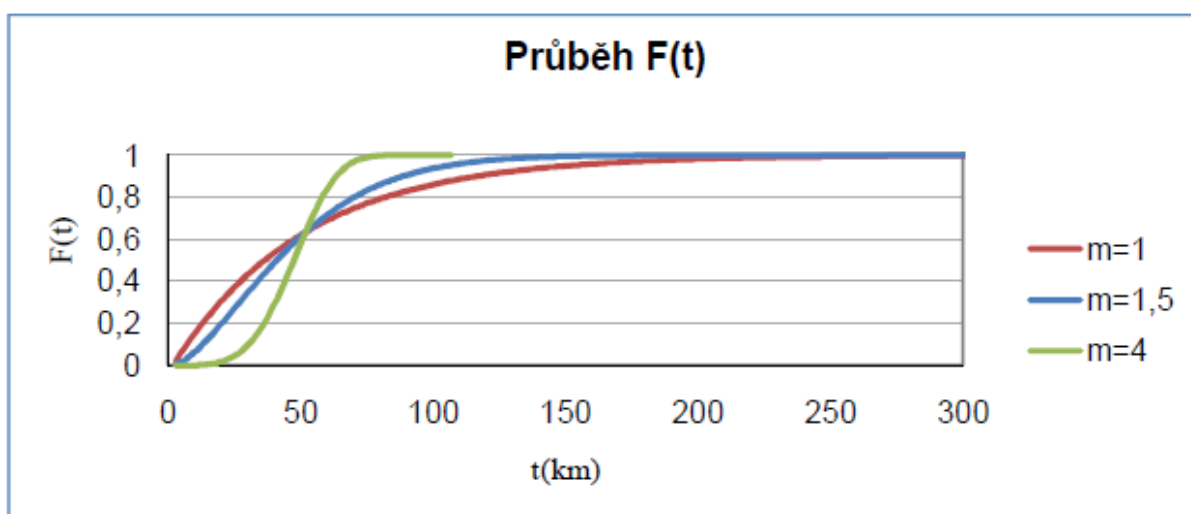
t ... čas [h]



Obr.3.9 Weibullovo rozdělení $f(t)$ Zdroj: Autor

Distribuční funkce je dána vztahem:

$$F(t) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{t}{t_0}\right)^m\right]} \quad t \geq 0 \quad [-] \quad (3.16)$$



Obr.3.10 Weibullovo rozdělení $F(t)$ Zdroj: Autor

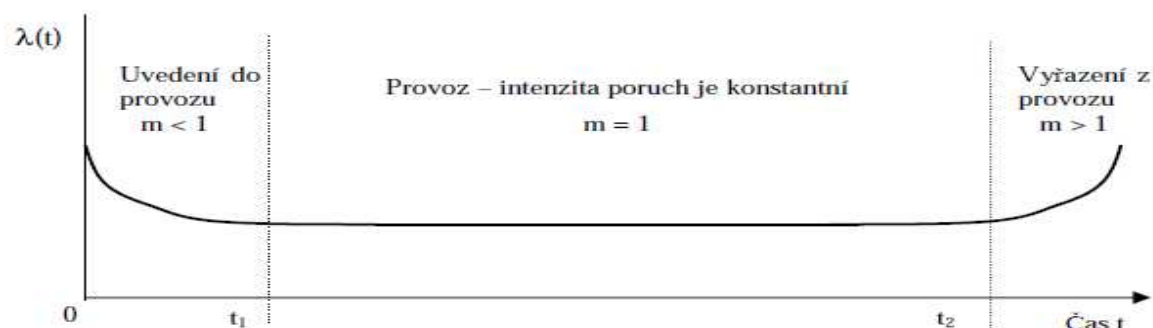
Pravděpodobnost bezporuchového provozu je dána:

$$R(t) = \exp\left[\left(\frac{t}{t_0}\right)^m\right] \quad t \geq 0 \quad [-] \quad (3.17)$$

Intenzita poruch je dána:

$$\lambda(t) = \frac{m}{t_0} * \left(\frac{t}{t_0}\right)^{m-1} \quad t \geq 0 \quad [h^{-1}] \quad (3.18)$$

Průběh celé vanové křivky lze popsat W2p rozdělením, každá fáze života výrobku odpovídá jiný parametr rozdělení. Tento průběh nám znázorňuje vanová křivka.



Obr.3.11 Weibullovo rozdělení $\lambda(t)$. Zdroj: [1]

3.6 Chí - kvadrát – test dobré shody

Koeficient determinace R^2 , z matematického hlediska, není dostatečný důkaz, že metoda námi zvolená je správná. Proto provádíme test dobré shody pomocí Chí kvadrátu.

Jde o statistický test, který porovnává empirická data s teoretickými daty. Výsledek určuje správnost zvoleného rozdělení.

První krok, zvolení významnosti, volí se hladina významnosti 5 nebo 10 procent. Hladina významnosti nám říká, že je 5-ti nebo 10-ti procentní pravděpodobnost, že hypotéza má chybu.

Další krok je výpočet kritické hodnoty testu $\chi^2_{0,05}$ = číslo. Tato funkce požaduje znát dva parametry. První je hladina významnosti a druhým je počet stupňů volnosti.

Třetím krokem je výpočet empirických dat. Pro výpočet je nutné mít histogram s min. 3-mi třídami u exponenciálního rozdělení. U Weibullova rozdělení je potřeba mít 4 třídy a u každé třídy minimální četnost 5. Je nutné nejdříve spočítat hodnoty distribuční funkce $F(t) = 1 - e^{-\lambda * t}$, za čas je dosazena šířka třídy a empiricky vypočtená intenzita poruch. Vypočtené hodnoty distribuční funkce se odečítají od hodnoty z předchozí třídy. Dále jsou tyto hodnoty vynásobeny celkovým počtem poruch. Tyto hodnoty vyjadřují teoretickou četnost poruch. Nakonec je sestavena tabulka a vypočten χ^2 . Tabulka obsahuje šířky tříd, empirické četnosti, teoretické četnosti, rozdíl četností a jako poslední je podíl rozdílu četností na druhou a teoretickou četností. Suma těchto podílů je hledaná hodnota χ^2 .

Posledním krokem je porovnání kritické hodnoty se statickou hodnotou χ^2 testu. Je-li statistická hodnota nižší než kritická hodnota, je hypotéza správná. V opačném případě je hypotéza zamítnuta a musí volit jiný zákon rozdělení.

4. Stanovení charakteristik bezporuchovosti s využitím experimentálních dat

Získání experimentálních dat je mnohdy složitý úkol, ale zároveň nejdůležitější pro stanovení charakteristik. Firma Čmakal s.r.o. mi tato data poskytla z jejich evidence. Pro mou práci bylo důležité tato data roztrždit a zpracovat pro další práci.

Veškeré následné výpočty budou prováděny pro jedno vozidlo značky DAF -1.

4.1 Bezporuchovost vozidel

Z experimentálních dat jsem vypočítal doby mezi poruchami. Ty jsem seřadil vzestupně a následně z těchto dat byly vytvořeny histogramy četnosti poruch. Z těchto histogramů poruch a jejich průběhu, jsem zjistil zda jde o Exponenciální nebo Weibullovo rozdělení. Dále pomocí lineární regrese jsem stanovil parametry jak pro Exponenciální tak pro Weibullovo rozdělení.

Pro zpracování dat jsem použil tabulkový editor MS Excel.

4.1.1 Stanovení parametru rozdělení

Odhad šířky třídy – odhad třídy jsem provedl podle vztahu (3.1).

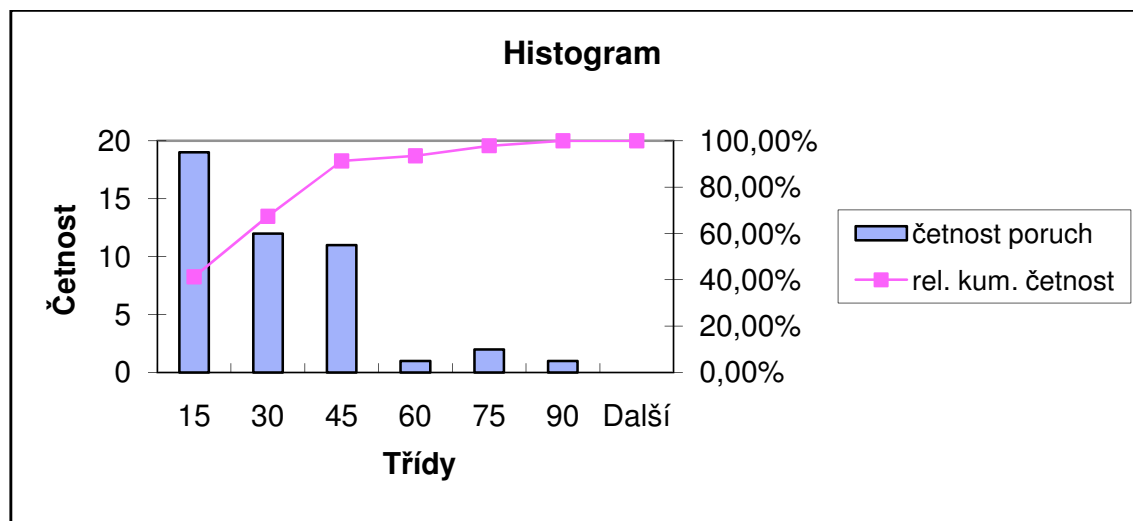
$$\Delta T = \frac{81-1}{1+3,3*\log(45)} = 12,332 \text{ [den]},$$

tuto hodnotu jsem zaokrouhlil na 15 dní.

Dalším krokem bylo sestavení tabulky četnosti poruch. Ta obsahuje třídy, četnost, relativní četnost, kumulativní četnost a relativní kumulativní četnost. Tyto hodnoty dopočítáme podle vztahů (3.1), (3.2), (3.3), (3.4). Následně z této tabulky můžeme sestavit histogram četnosti poruch.

Tab.4.1: Tabulka četnosti poruch pro sestavení histogramu

č. třídy	Třída [den]	Absolutní četnost	Absolutní kum. četnost	Relativní četnost	Relativní kum. četnost
1	15	19	19	0,41	0,41
2	30	12	31	0,26	0,67
3	45	11	42	0,24	0,91
4	60	1	43	0,02	0,93
5	75	2	45	0,04	0,98
6	90	1	46	0,02	1,00



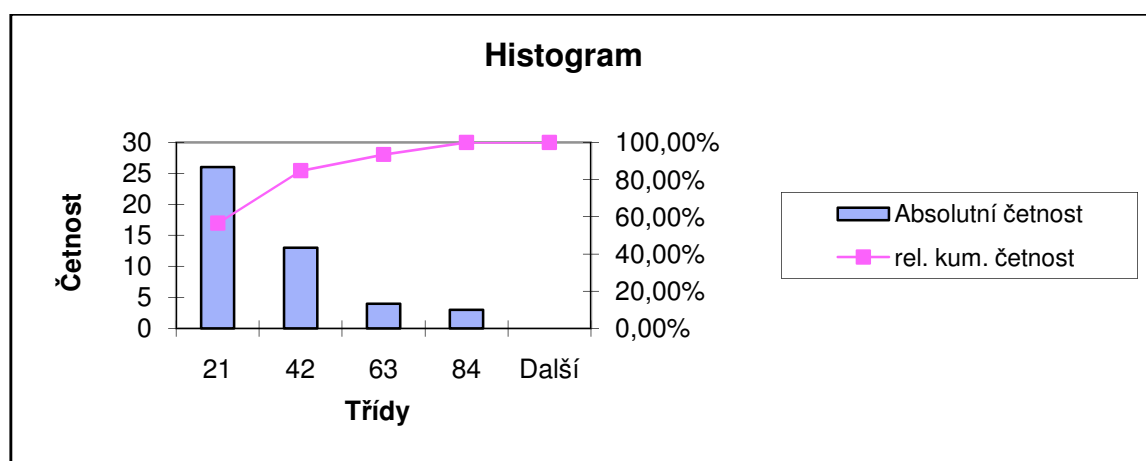
Obr. 4.1 Histogram četnosti poruch DAF – 1. Zdroj: Autor

Z obrázku je zřejmé, že nesplňuje dané podmínky. Obsahuje více než jeden vrchol, proto jej musím upravit. Úpravou máme na mysli rozšiřování šířku třídy.

Postupným upravováním jsme došli až k výslednému grafu Obr.4.2. Tento graf lze považovat za správná.

Tab.4.2: Výsledná tabulka četnosti poruch pro sestavení histogramu

č. třídy	Třída [h]	Absolutní četnost	Absolutní kum. četnost	Relativní četnost	Relativní kum. četnost
1	21	26	26	0,57	0,57
2	42	13	39	0,28	0,85
3	63	4	43	0,09	0,93
4	84	3	46	0,07	1,00



Obr. 4.2 Výsledný histogram četnosti poruch DAF – 1. Zdroj: Autor

Odhad parametrů pro $Ex(\lambda)$ rozdělení

Z výsledného grafu je patrné, že jde o Exponenciální rozdělení. Pomocí lineární regrese stanovíme rovnici přímky. Nejprve si sestavíme tabulku pomocí vzorců (3.13), (3.14).

Tab. 4.3 Hodnoty pro sestavení grafu lin. regrese

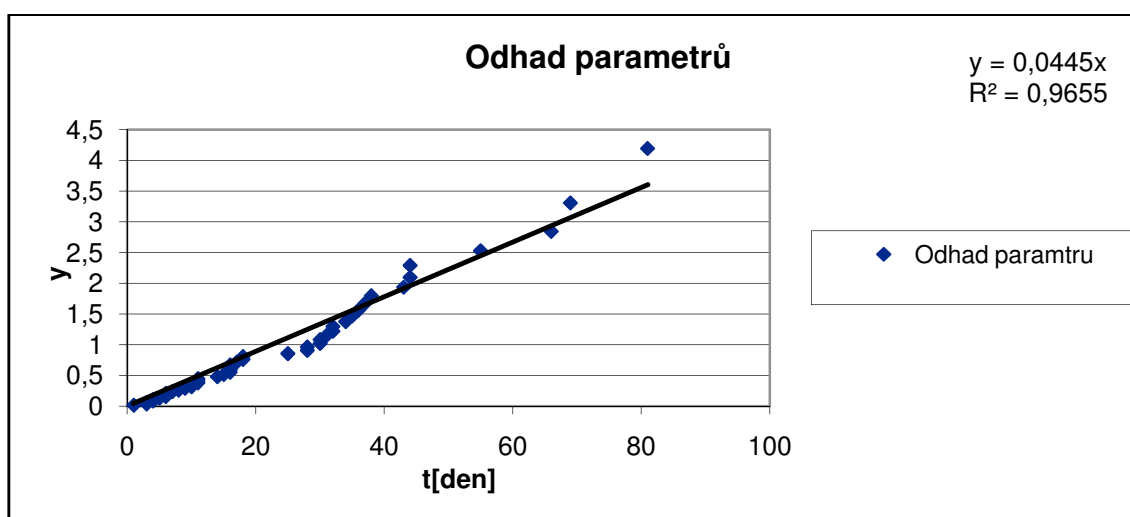
t [den]	n_i	$F_{(t)}$	y
1	1	0,015086	0,015201
3	2	0,036638	0,037326
3	3	0,05819	0,059951
4	4	0,079741	0,083101

55	43	0,920259	2,528967
66	44	0,94181	2,844048
69	45	0,963362	3,306671
81	46	0,984914	4,193974

Vzorový výpočet dle vztahů (3.13), (3.14).

$$F_1 = \frac{1 - 0,3}{46 + 0,4} = 0,015086$$

$$y_1 = -\ln(1 - 0,015086) = 0,015201$$



Obr.4.3 Parametry rovnice přímky. Zdroj: Autor

Intenzita poruch

$y = 0,0445x$ ze spojnice trendu zjistíme hodnotu $\lambda = 0,0445 \text{ [den}^{-1}\text{]}$

Střední doba do poruchy

$$T_S = 1/\lambda = 1/0,0445 = 22,47 \text{ [den]}$$

Z rovnice lin. Regrese jsem vypočítal střední dobu do poruchy T_S . Hodnota koeficientu determinace $R^2=0,9655$, což je větší než 0,9, takže lze považovat toto rozhodnutí za správné.

4.1.2 Posuzování vozidla dle spolehlivostních parametrů

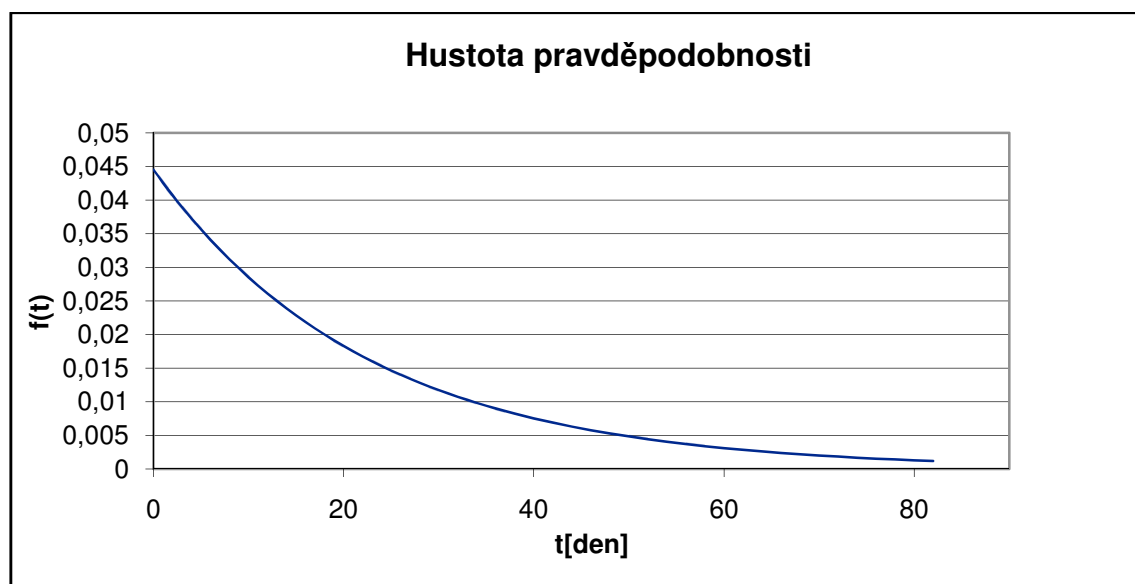
Dalším krokem je výpočet hustoty pravděpodobnosti, distribuční funkce, bezporuchovosti a intenzity poruch.

Výpočet provedeme podle vzorců (3.9), (3.10), (3.11), (3.12), pro každou hodnotu t . Více tabulka 4.4. Celá tabulka je v příloze na CD.

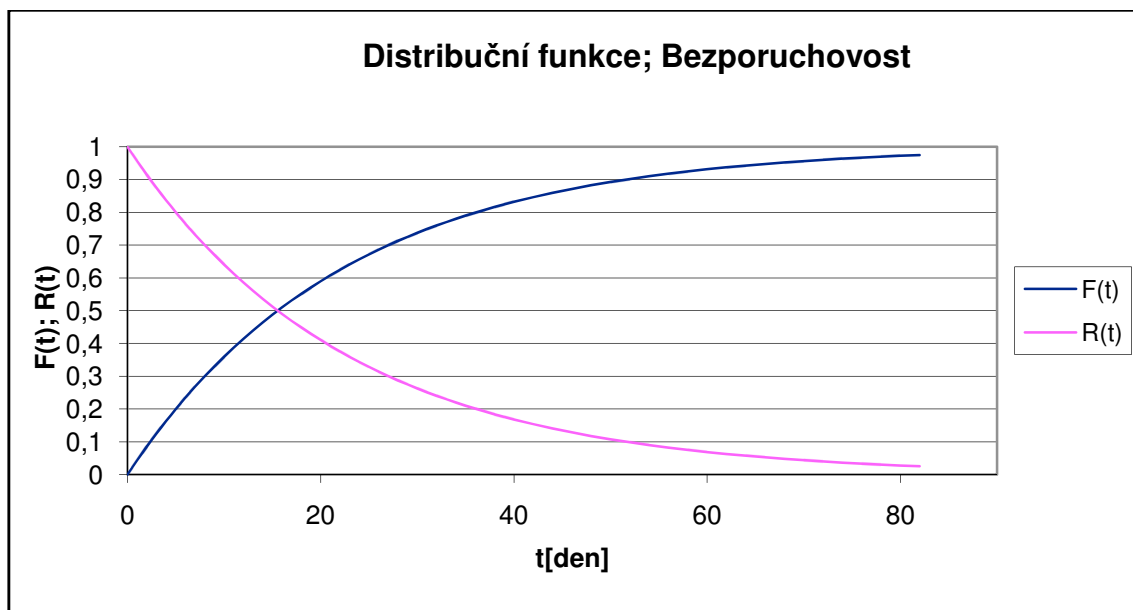
Tab. 4.4 Hodnoty vozidla DAF-1

t [den]	$f(t)$	$F(t)$	$R(t)$	$\lambda(t)$ [d-1]
0	0,0445	0	1	0,0445
2	0,040711	0,085154	0,914846	0,0445
4	0,037244	0,163058	0,836942	0,0445
6	0,034072	0,234327	0,765673	0,0445
8	0,031171	0,299527	0,700473	0,0445

76	0,001512	0,966021	0,033979	0,0445
78	0,001383	0,968914	0,031086	0,0445
80	0,001266	0,971561	0,028439	0,0445
82	0,001158	0,973983	0,026017	0,0445



Obr. 4.4 Hustota pravděpodobnosti vozidla DAF-1. Zdroj: Autor

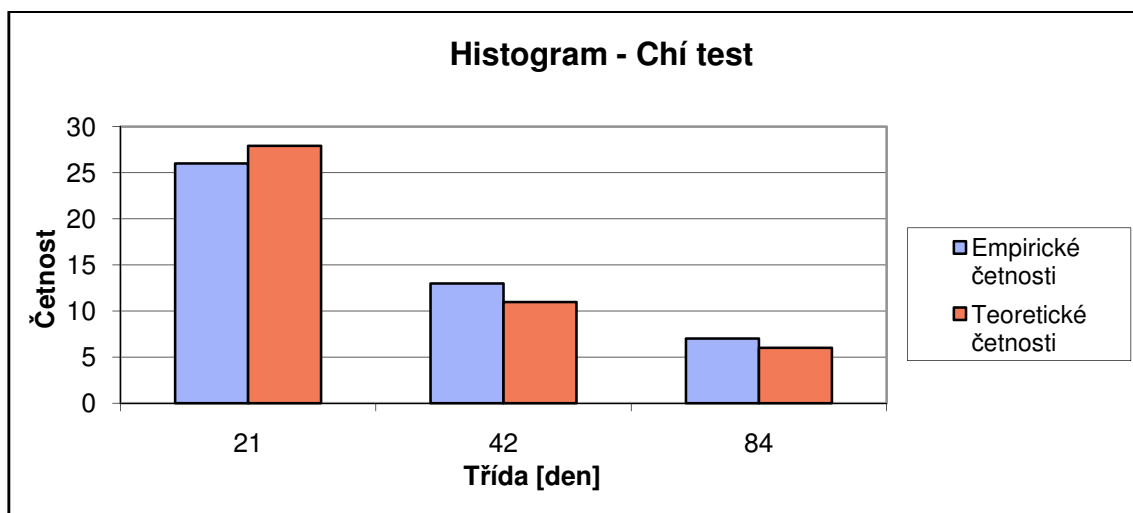


Obr.4.5 Distribuční funkce, bezporuchovost vozidla DAF-1. Zdroj: Autor

4.1.3 Chí –kvadrát test dobré shody

Tab. 4.5 Chí-kvadrát test dobré shody

F(t)	Šířka třídy [den]	Empirické četnosti [den]	Teoretické četnosti [den]	Rozdíl četností	χ^2	$\chi^2_{0,05;1}$
0,607218	21	26	27,9320	-1,9320	0,1336	
0,238504	42	13	10,9712	2,0288	0,3752	
0,130476	84	7	6,0019	0,9981	0,1660	
Σ					0,6748	3,841459

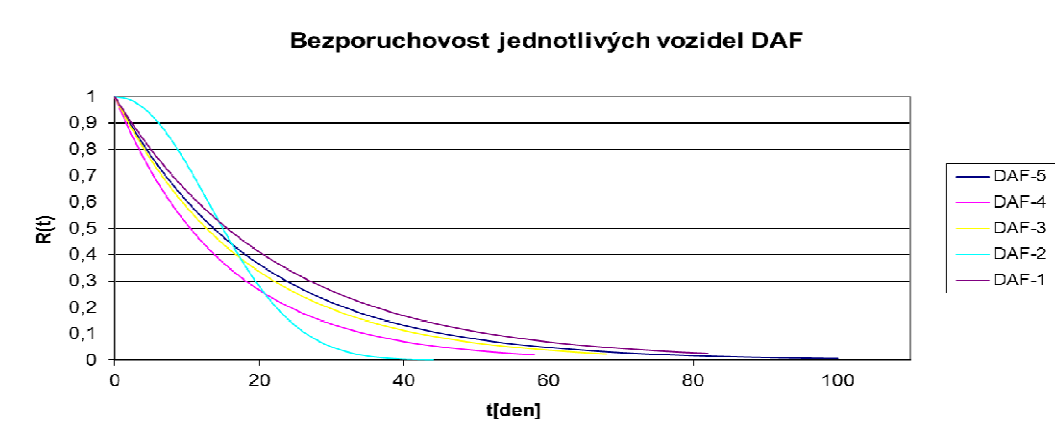


4.6 Graf porovnání empirických a teoretických četností. Zdroj: Autor

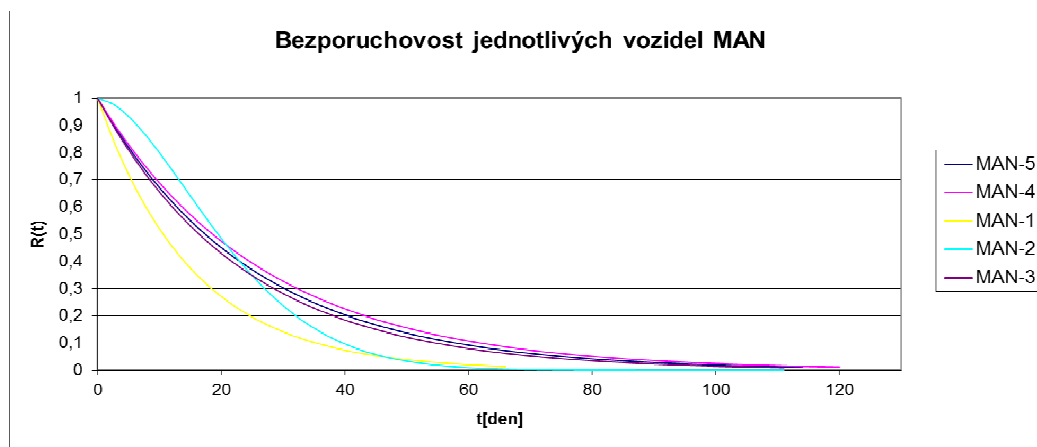
Na závěr tohoto testu si porovnáme námi dosažené hodnoty. Kritickou hodnotu máme $\chi^2_{0,05;1} = 3,841459$. Námi vypočtená statistická hodnota $\chi^2 = 0,6748$ je nižší než kritická hodnota. Výsledek testu potvrzuje, že námi zvolené Exponenciální zvolení je správné.

4.2 Výsledná bezporuchovost vozidel

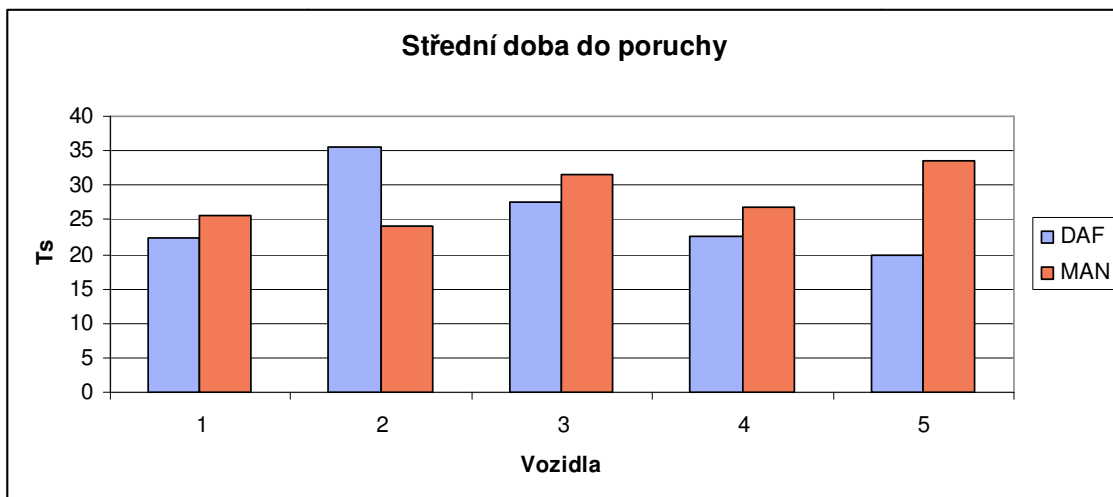
Na obrázku 4.7 a 4.8 vidíme výslednou bezporuchovost jednotlivých vozidel rozdělených podle značek. U vozidel značky DAF je z grafu patrné, že nejmenší bezporuchovost má vozidlo DAF-4, u kterého dochází nejčastěji k poruchám. Naopak nejlepšího výsledku dosáhlo vozidlo DAF-5. U toho se vyskytují poruchy méně často. U vozidel značky MAN nejhůře dopadlo vozidlo MAN-1 a nejlépe vozidlo MAN-4. Ostatní vozidla této značky jsou na tom podobně.



Obr. 4.7 Bezporuchovost jednotlivých vozidel DA. Zdroj: Autor



Obr. 4.8 Bezporuchovost jednotlivých vozidel MAN. Zdroj: Autor

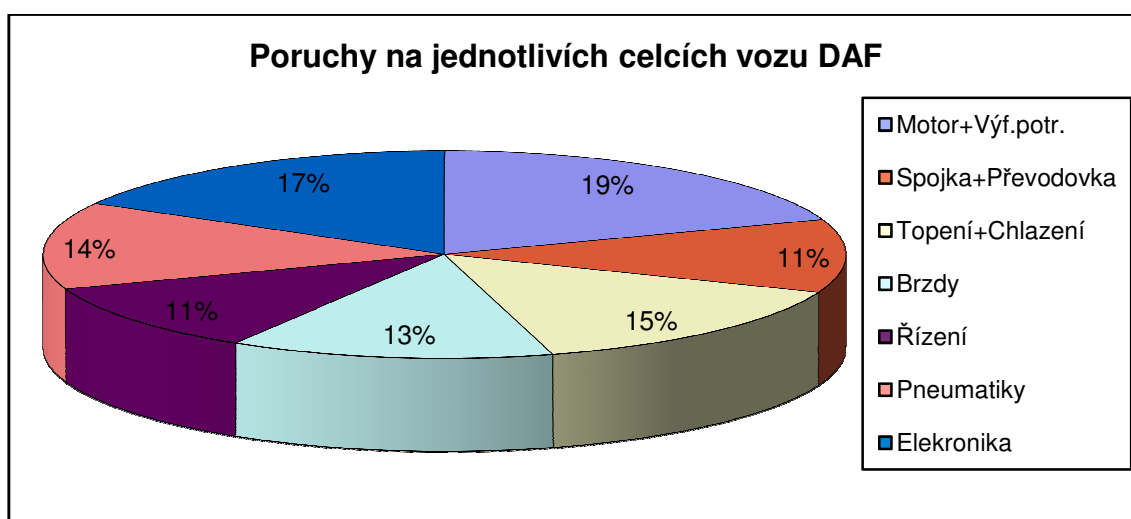


Obr. 4.9 Porovnaní středních dob do poruchy vozidel MAN a DAF

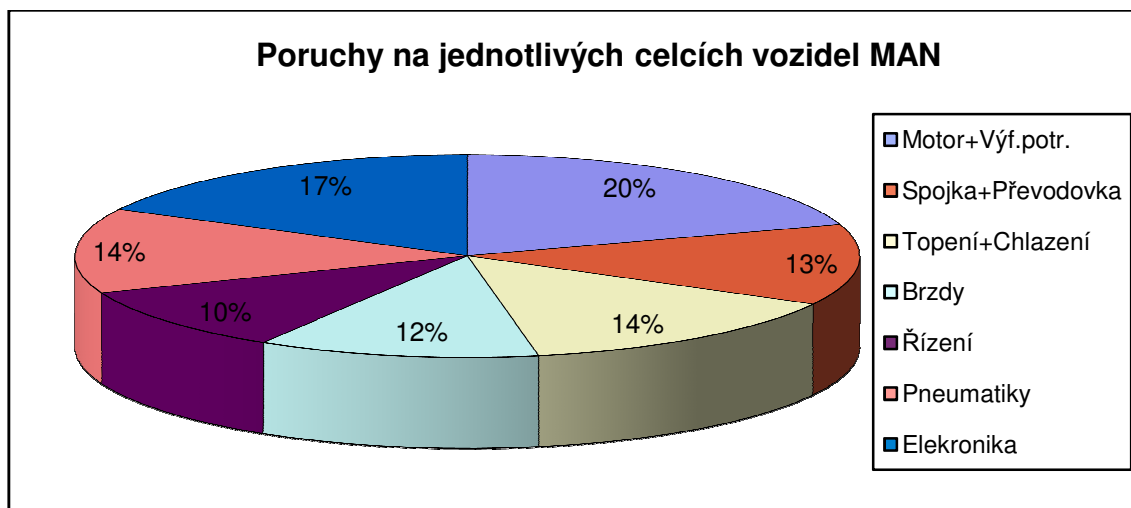
4.3 Hodnocení jednotlivých celků

Vozidla obou značek jsem rozdělil do 7-ti celků vozidla. Pro všechny tyto celky jsem opět sestavil histogramy četnosti. Dalším krokem bylo, že jsem udělal odhad parametrů a sestrojil grafy hustoty pravděpodobnosti, distribuční funkce., bezporuchovost a intenzity poruch.

Vozidla jsem rozdělil do celků motor + výfukové potrubí, spojka + převodovka, chlazení + topení, řízení, brzdy, pneumatiky a elektronika. Poruchy na všech celcích vozidel se řídí exponenciálním rozdělením.

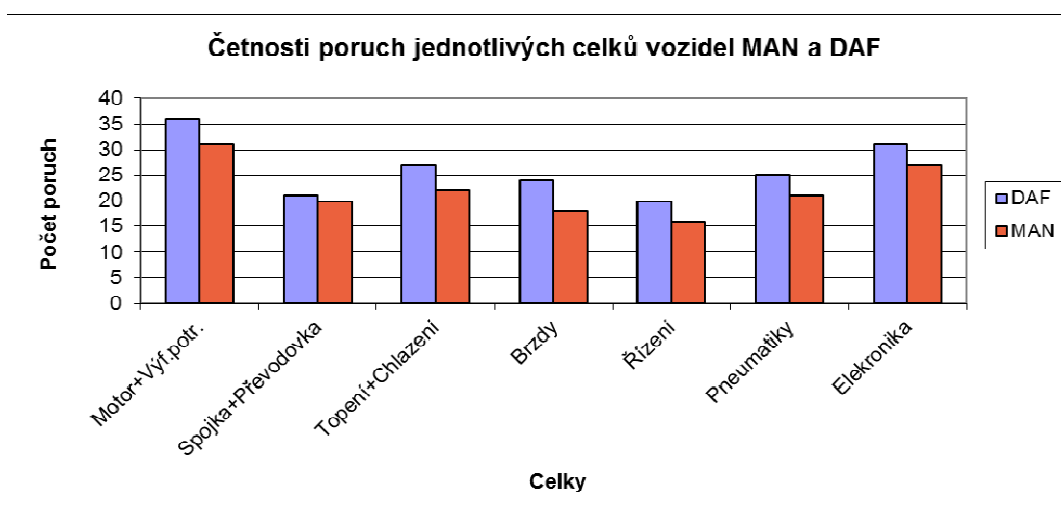


Obr. 4.10 Poruchy na jednotlivých celcích vozidla DAF. Zdroj: Autor



Obr. 4.11 Poruchy na jednotlivých celcích vozidla MAN. Zdroj: Autor

Na obr. 4.10 a 4.11 jsou vytvořeny grafy, na kterých je zobrazena četnost poruch jednotlivých celků na vozidlech DAF a MAN.



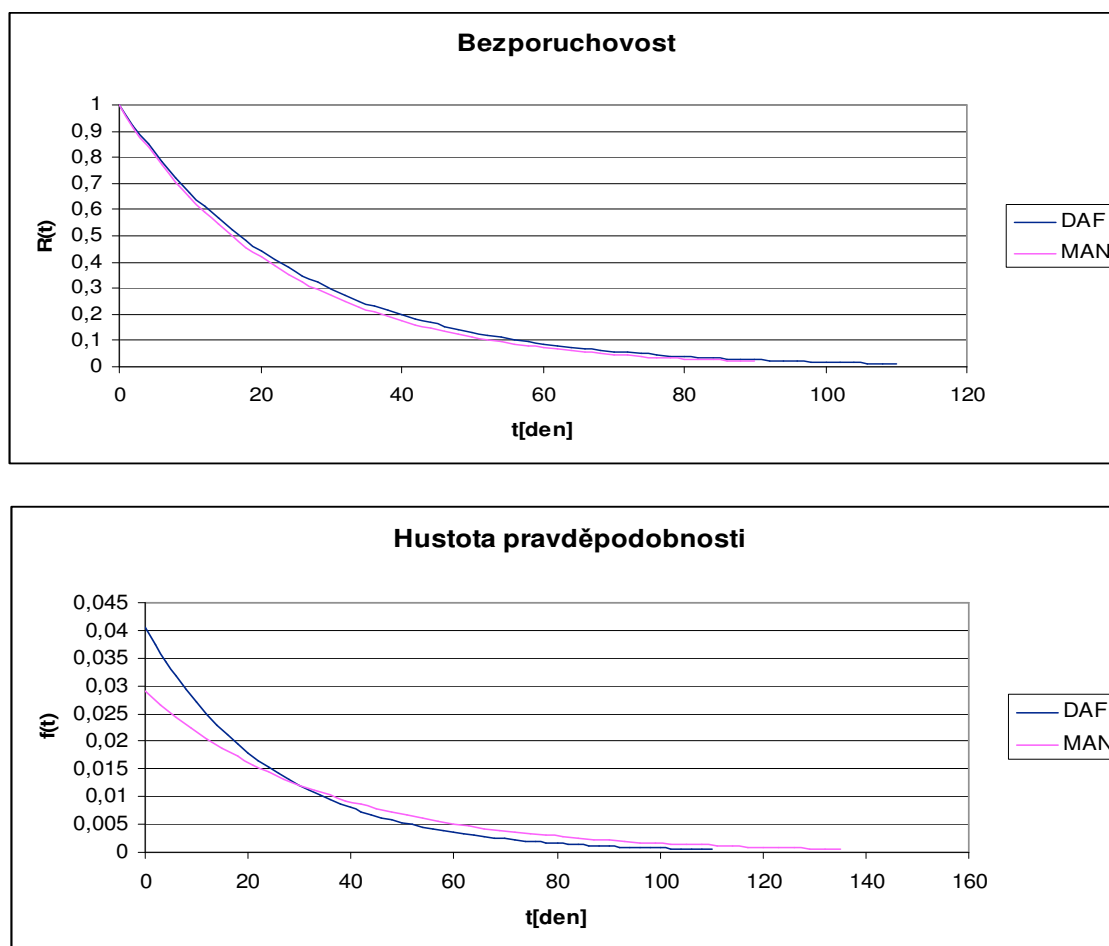
Obr. 4.12 Četnosti poruch jednotlivých celků obou značek vozidel. Zdroj: Autor

Z obr. 4.12 je jasně rozpoznatelné, že nejvíce poruch bylo na celku motor + výfukové potrubí. Druhým celkem s vysokou poruchovostí je elektronika. U celku spojka + převodovka vidíme, že poruchy jsou podobné na obou značkách vozidel. U zbývajících celků je výrazně znát větší počet poruch u vozidel značky DAF oproti vozidlům značky MAN. Z pohledu na graf je patrné, že na vozidlech značky DAF je více poruch. Jsou poruchovější než vozidla MAN

4.3.1 Výsledná bezporuchovost jednotlivých celků

Motor + Výfukové potrubí

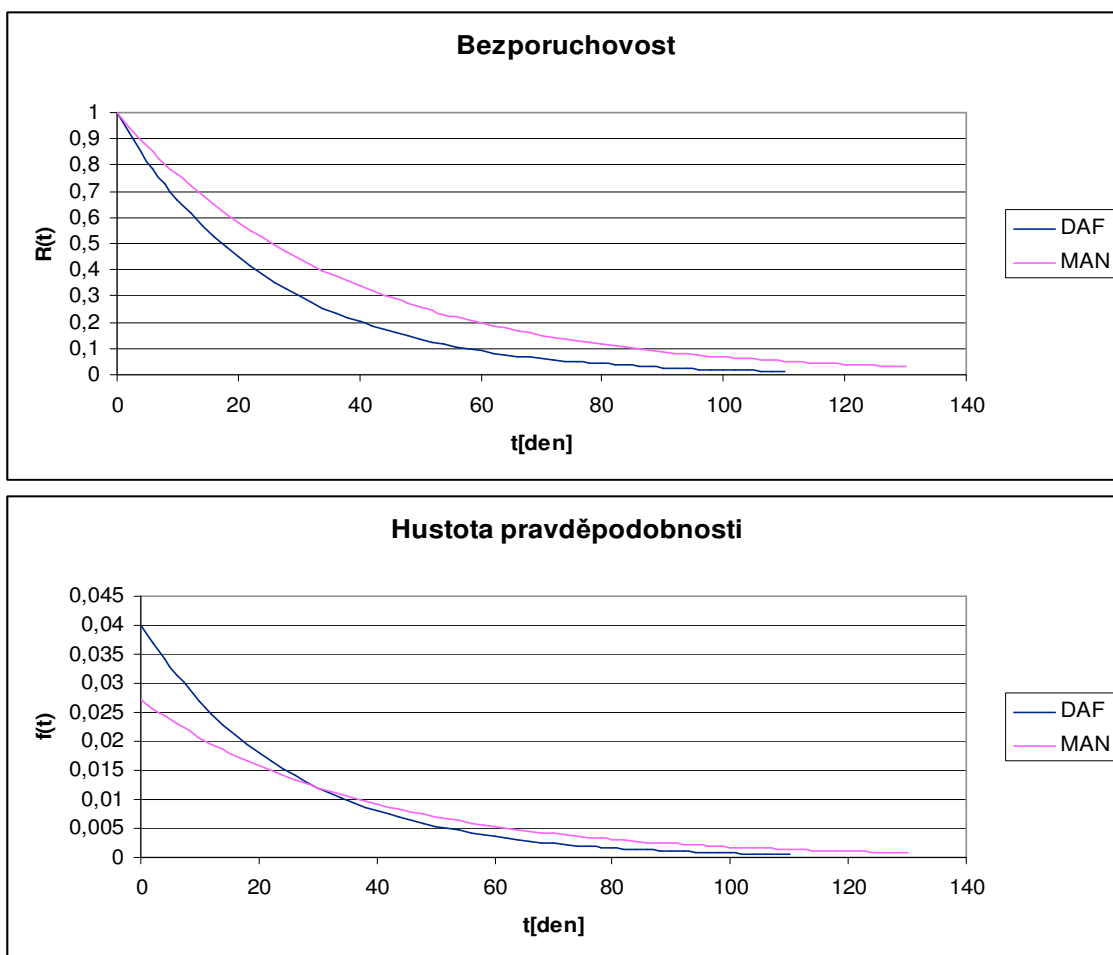
Do tohoto celku jsem zařadil poruchy jako je destrukce turba, prasklá hlava motoru, únik vody pod hlavou motoru, únik oleje, netěsnosti na výfukovém potrubí, prasklé výfukové potrubí apod. Při srovnání středních dob do poruchy $T_{S\ DAF} = 24,61$ dní a $T_{S\ MAN} = 34,48$ dní, zjistíme, že je na tom lépe značka MAN.



Obr. 4.13 Charakteristiky bezporuchovosti motoru + výfuk. potrubí. Zdroj: Autor

Spojka + převodovka

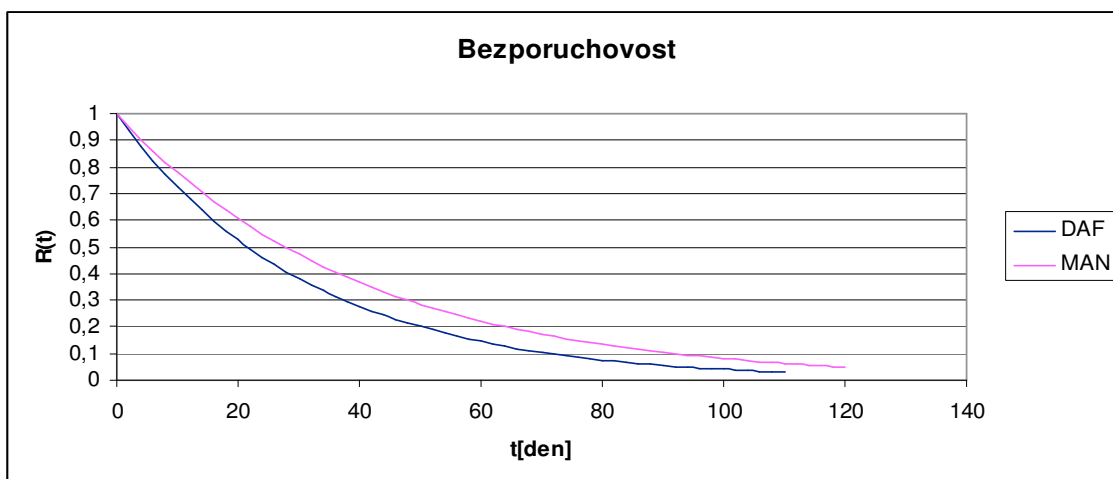
Vozidla značky MAN používají 16-ti stupňovou manuální převodovku značky ZF a vozy DAF používají 12-ti stupňovou manuální převodovku. Zde jsem zahrnul poruchy jako únik oleje z převodové skříně, vypadávání rychlosti, nemožno zařadit mezistupně, opotřebení spojky apod. Při srovnání středních dob do poruchy $T_{S\ DAF} = 24,94$ dní a $T_{S\ MAN} = 36,90$ dní, zjistíme, že je na tom opět lépe značka MAN.

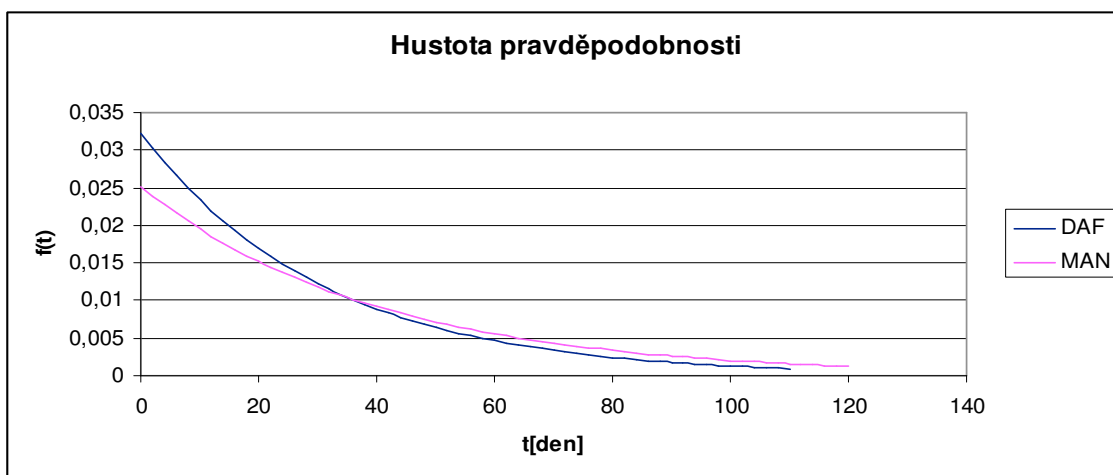


Obr. 4.14 Charakteristiky bezporuchovosti spojka + převodovka. Zdroj: Autor

Topení + chlazení

Do této skupiny jsem zařadil poruchy na nezávislém topení, poruchy vytápění, poruchy na ventilátoru, prasklé hadice u chlazení, prasklý chladič apod. Při srovnání středních dob do poruchy $T_{S\ DAF} = 31,056$ dní a $T_{S\ MAN} = 39,84$ dní, zjistíme, že je na tom opět lépe značka MAN.

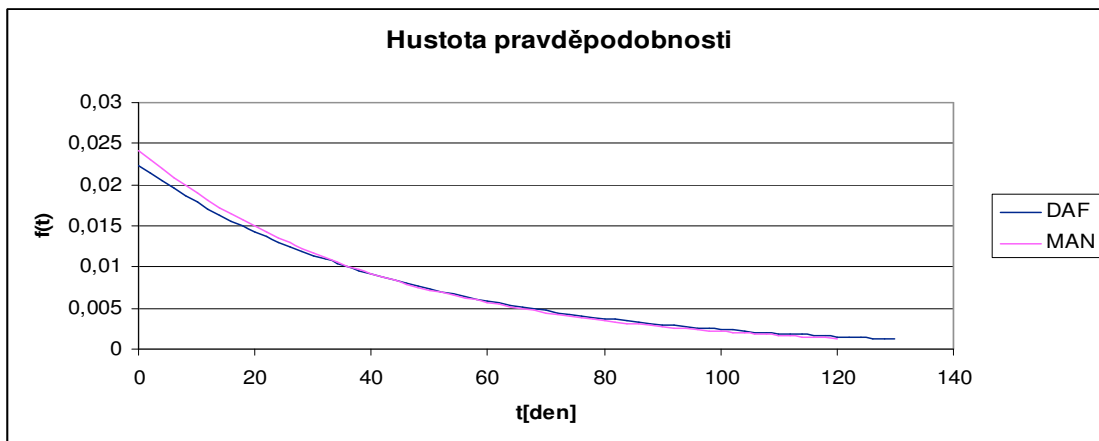
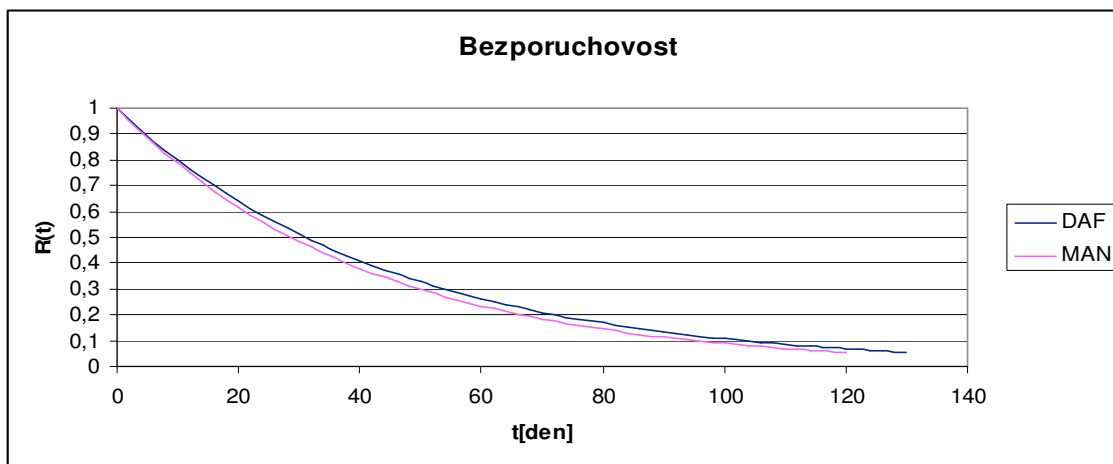




Obr. 4.15 Charakteristiky bezporuchovosti topení + chlazení. Zdroj: Autor

Brzdy

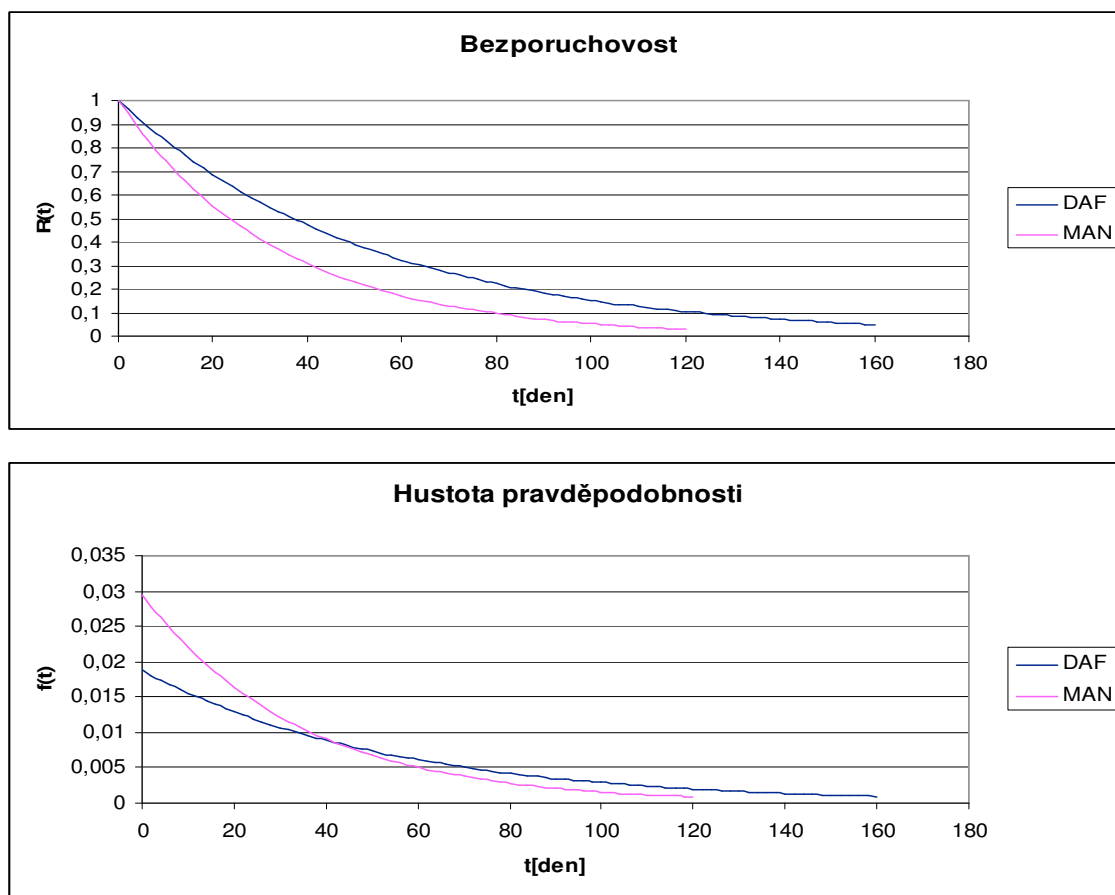
Obě značky pozorovaných vozidel disponují kotoučovými brzdami. Brzdy patří mezi jedny z nejdůležitějších bezpečnostních prvků. Proto je důležité, aby byly vždy v pořádku a byly spolehlivé. Při srovnání středních dob do poruchy $T_{S\ DAF} = 44,84$ dní a $T_{S\ MAN} = 41,32$ dní, zjistíme, že je na tom poprvé lépe značka DAF.



Obr. 4.16 Charakteristiky bezporuchovosti brzdy. Zdroj: Autor

Řízení

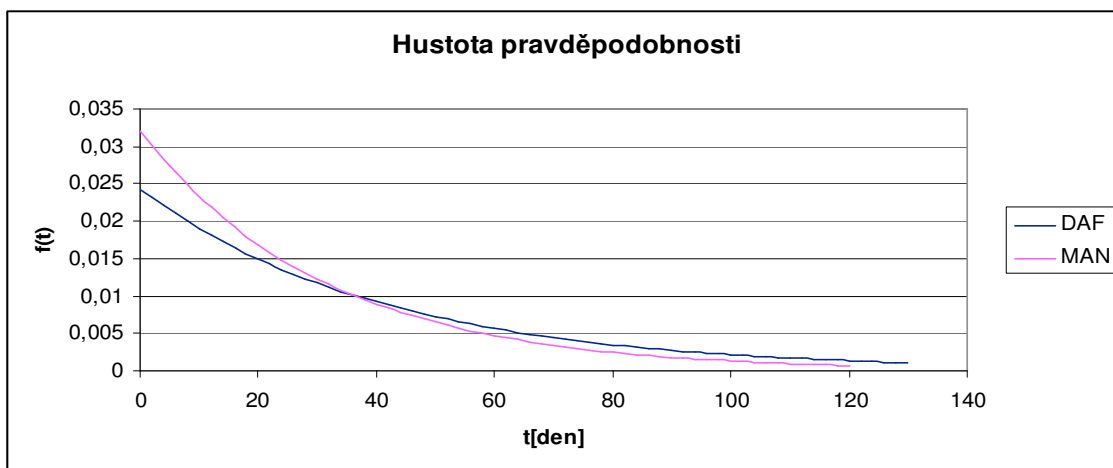
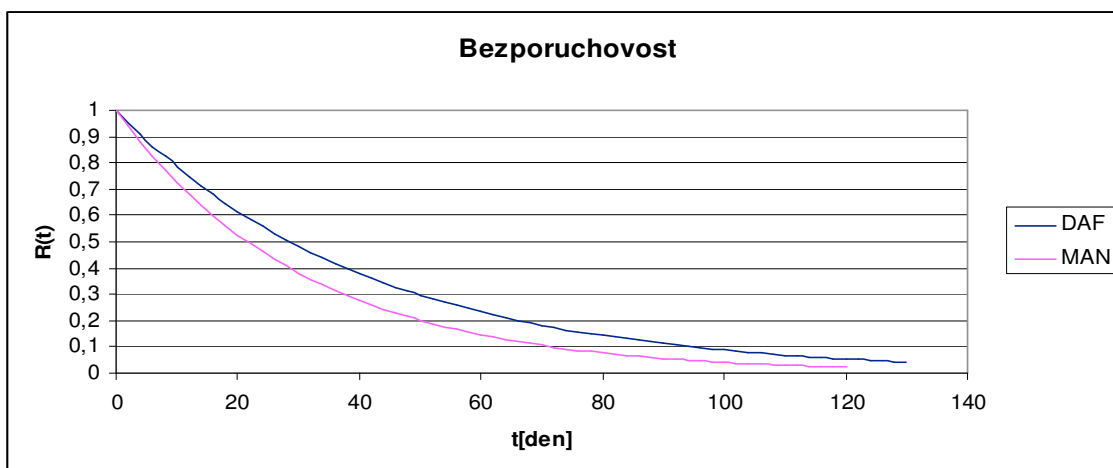
Do této skupiny zapadají opravy jako, špatná geometrie, nevyvážená kola, náboje kol, veškeré závady na řízení apod. Při srovnání středních dob do poruchy $T_{S_{DAF}} = 53,19$ dní a $T_{S_{MAN}} = 33,89$ dní, zjistíme, že je na tom lépe značka DAF. Toto je způsobeno provozem vozidel. Některé vozy jezdí jen po pevné vozovce a některé i na nepevné. Záleží na kvalitě vozovky.



Obr. 4.17 Charakteristiky bezporuchovosti řízení. Zdroj: Autor

Pneumatiky

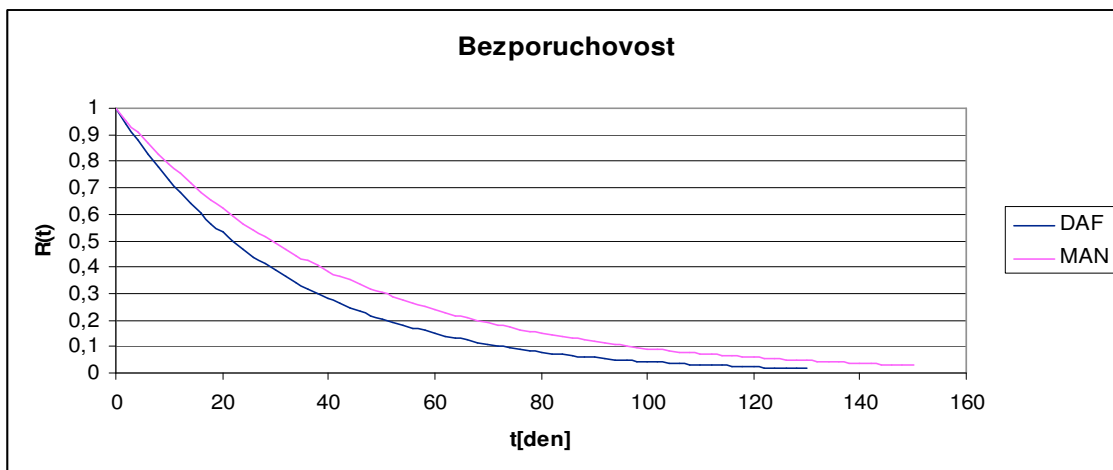
Do další části pneumatiky patří poruchy, jako je defekt, prasklá pneumatika apod. Kvalita pneumatiky nám udává přilnavost vozidla k vozovce. Proto je důležité, aby měli dostatečný dezén a nebyl nijak poškozené. Při srovnání středních dob do poruchy $T_{S_{DAF}} = 41,15$ dní a $T_{S_{MAN}} = 31,15$ dní, zjistíme, že je na tom lépe značka DAF.

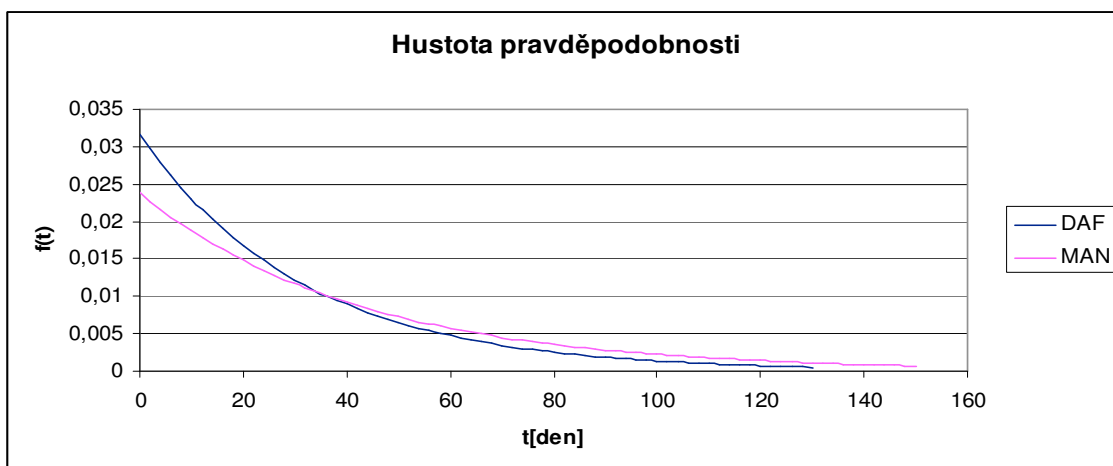


Obr. 4.18 Charakteristiky bezporuchovosti pneumatiky. Zdroj: Autor

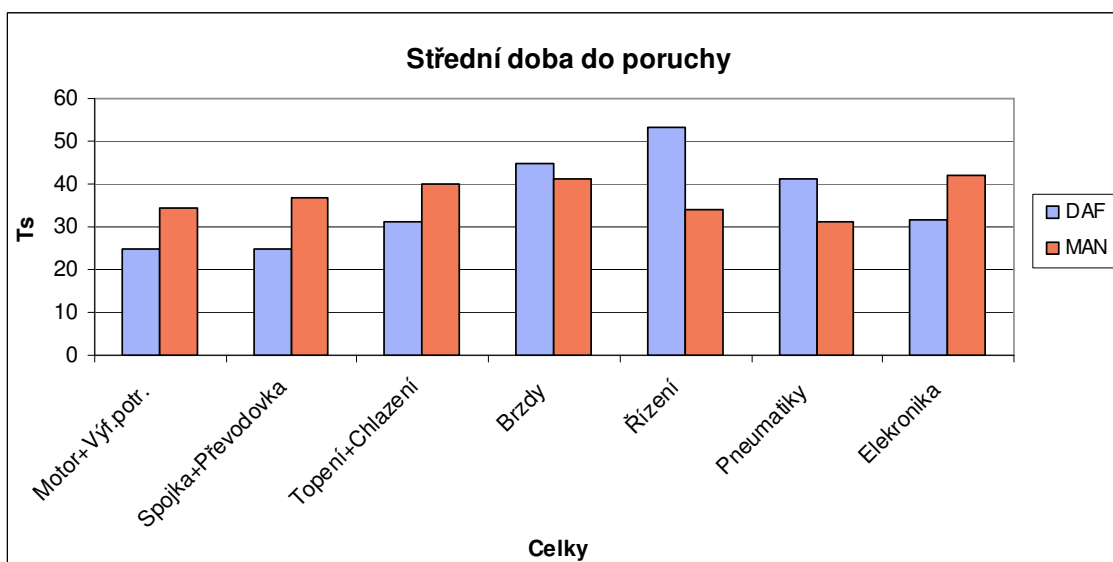
Elektronika

Do této kategorie jsem zařadil závady na elektroinstalaci, čidlech, autobaterii, startéru apod.. Při srovnání středních dob do poruchy $T_{S\ DAF} = 31,54$ dní a $T_{S\ MAN} = 42,02$ dní, zjistíme, že je na tom lépe značka MAN.





Obr. 4.19 Charakteristiky bezporuchovosti elektroniky. Zdroj: Autor



Obr. 4.20 Střední doba do poruchy jednotlivých celků vozidla

5. Závěr a technicko – ekonomické zhodnocení

V této části zhodnotíme dvě značky pozorovaných vozidel. Jak z hlediska technického, která vozidla jsou z hlediska technického lépe, tak která značka je pro firmu výhodnější z ekonomického hlediska.

5.1 Technické zhodnocení

Při rozdělení vozidel do jednotlivých celků a to do sedmi, nám jasně vyšlo, že ve všech celcích má vyšší počet poruch vozidla značky DAF. Proto z technického směru

můžeme jasně říci, že jsou na tom lépe vozy značky MAN, i když rozdíly nejsou nijak obrovské.

5.2 Ekonomické zhodnocení

Mezi poskytnutá data firmy Čmakal auto s.r.o. patřily i ceny oprav, sestavil jsem tabulky a grafy, na kterých uvidíme náklady pro jednotlivé vozy obou značek a celkové náklady každé značky za období 3 let.

Tab. 5.1 Náklady na opravu jednotlivých vozidel značky DAF

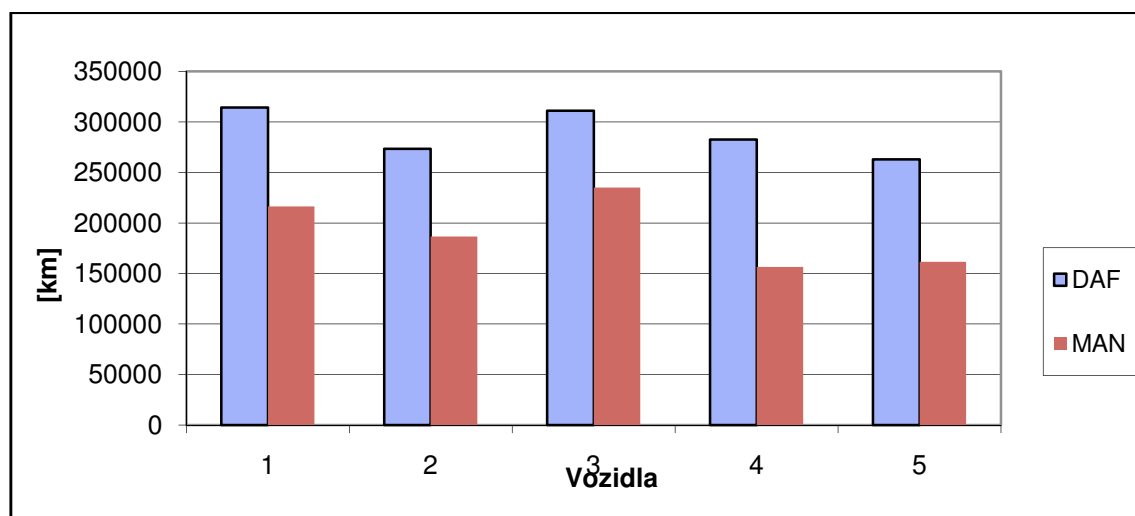
Vozidlo	Počet oprav	Celkový počet najetých kilometrů[Km]	Celková cena za uvedenou opravu[Kč]	Náklady na opravu za 1000 km [Kč]
1	46	314180	342256,6	1089,36
2	33	273351	295270,2	1080,19
3	36	311143	360972,98	1160,15
4	45	282674	315811,7	1117,23
5	50	262774	366244,3	1393,76
Celkem		1444122	1680555,78	1168,14

Tab. 5.2 Náklady na opravu jednotlivých vozidel značky MAN

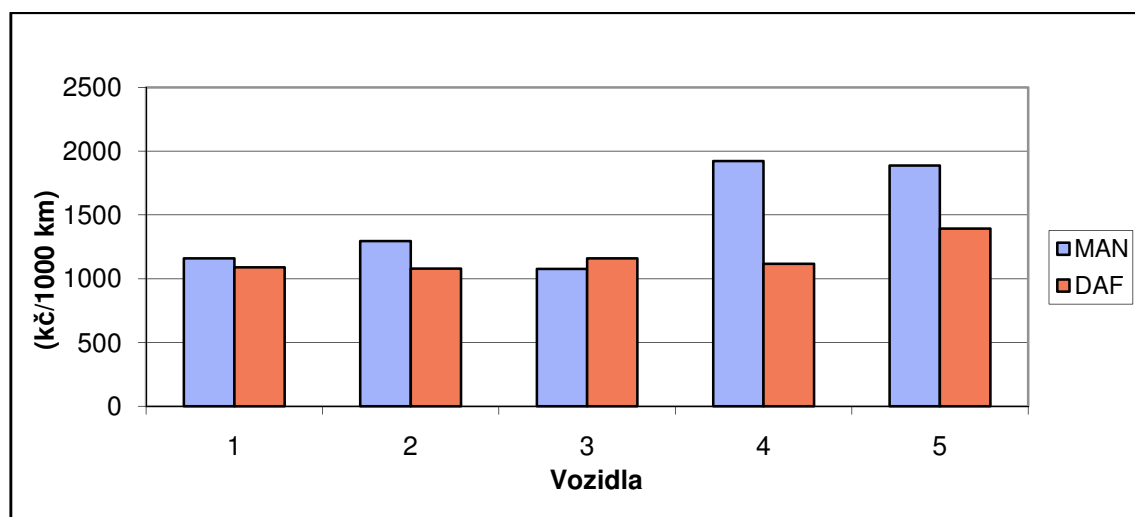
Vozidlo	Počet oprav	Celkový počet najetých kilometrů[Km]	Celková cena za uvedenou opravu[Kč]	Náklady na opravu za 1000 km [Kč]
1	37	216272	250594,3	1158,65
2	44	186628	241772,42	1295,42
3	33	235108	253292,7	1077,34
4	37	156544	300982,5	1922,67
5	30	161609	305146,3	1888,17
Celkem		956161	1351788,22	1468,47

V tabulce 5.1 a 5.2 nalezneme náklady na opravu jednotlivých vozidel podle značky. Ceny u jednotlivého vozu např. MAN-1 jsou uvedeny za celé pozorované období 3 roky. Nalezneme, zde také celkový počet najetých kilometrů jednotlivých vozidel za celé pozorované období. V posledním sloupci jsou náklady na opravy za ujetých 1000 km.

Vidíme, že vozidla značky MAN mají menší celkovou cenu na opravu poruch na vozidlech. Tento rozdíl oproti vozidlům značky DAF činí 328767,56 Kč. Zároveň vozy značky DAF za pozorované období ujely o 487961 km více.



Obr. 5.1 Celkový počet najetých kilometru vozidel DAF a MAN. Zdroj: Autor

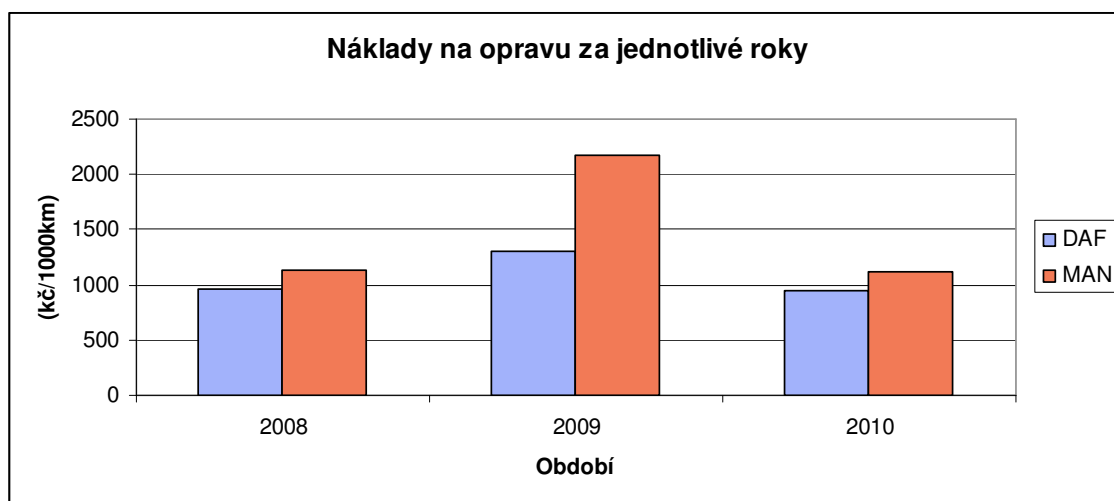


Obr.5.2 Náklady na opravu vozidel na 100 km. Zdroj: Autor

Z obr. 5.3, 5.4 a 5.5 vidíme potřebné náklady na opravu poruch na vozidlech ve vztahu k ujetým 1000 km. Nejprve samostatně vozidel MAN a DAF a pak celkové porovnání těchto dvou značek. Ve výsledku vidíme, že vozidla značky DAF jsou na tom lépe a jsou ekonomicky výhodnější.

Tab. 5.3 Náklady na opravu za jednotlivé roky

Rok	Náklady na opravu za 1000 km [Kč]	Náklady na opravu za 1000 km [Kč]
2008	963,1	1130,3
2009	1303,5	2173,7
2010	9458	1120,4
	DAF	MAN



Obr.5.3 Náklady na opravu vozidel za jednotlivé roky. Zdroj: Autor

Na obrázku 5.6 vidíme náklady vozidel na 1000km. Vidíme opět že je na tom lépe značka vozidel DAF a to ve všech letech. V roce 2009 je zde značný rozdíl. V ostatních letech se pohybujeme na podobných hodnotách.

5.3 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo porovnání dosažené bezporuchovosti silničních vozidel.

Ve své práci jsem pozoroval vozidla firmy Čmakal Auto s.r.o. Zvolil jsem si dva typy vozidel MAN TGX 18.440 a DAF XF 105.510. Analýzu vozidel jsem prováděl za období 3 let provozu. Pomocí histogramu četnosti. Podle něj jsem zvolil, o jaké půjde rozdělení. Zda zvolit Exponenciální nebo Weibullova rozdělení. Toto rozhodnutí jsem na závěr zkontroloval Chí-kvadrát testem dobré shody. Dalšími kroky byl odhadu parametrů, hustoty pravděpodobnosti, distribuční funkce, bezporuchovosti a intenzity poruch jsem vyhotovil výslednou bezporuchovost. Na závěr je uvedeno technicko –

ekonomické zhodnocení. Z tohoto hlediska se mi jeví jako výhodnější vozidla značky DAF. Náklady za sledované období na opravu poruch bylo sice vyšší, ale taktéž najely o necelých 500 tisíc kilometrů více. V následném porovnání nákladů na ujetých 1000 km vyšly lépe vyzy DAF.

6. Seznam použitých zdrojů

- [1] Famfulík, J.: Teorie údržby. 1. vyd., Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 136 s.

ISBN 80 – 248 – 1029 – 8

- [2] Fuchs, P: *Využití spolehlivosti v provozní praxi*, Liberec, dostupný na:

http://www.rss.tul.cz/download/sez/fuchs_spolehlivost_skripta.pdf

- [3] Holub, R., Vintr, Z.: Spolehlivost letadlové techniky (elektronická učebnice).

Brno: VUT v Brně, 2001. 233 s. <http://lu.fme.vutbr.cz>

Internetové stránky:

<http://www.cmakalauto.cz/>

http://pdfonline.cni.cz/html_nahledy/01/71941/71941_nahled.htm

<http://www.daf.eu/CZ/Trucks/Model-range/Pages/DAF-XF-105.aspx>

http://www.man-mn.cz/cz/Nkladn_automobil/Nkladn_automobil.jsp

Normy:

ČSN EIC 61650: 1998, Techniky analýzy dat o bezporuchovosti

ČSN IEC 50(191) Mezinárodní elektrotechnický slovník, 2003

ČSN IEC 300-3-2 Řízení spolehlivosti, 1995

7. Přílohy

Příloha A: Charakteristiky bezporuchovosti vozidel MAN

- datový nosič CD, soubor: Charakteristiky bezporuchovosti vozidel MAN

Příloha B: Charakteristiky bezporuchovosti vozidel DAF

- datový nosič CD, soubor: Charakteristiky bezporuchovosti vozidel DAF

Příloha C: Charakteristiky bezporuchovosti jednotlivý částí vozidel MAN

- datový nosič CD, soubor: Charakteristiky bezporuchovosti jednotlivý částí vozidel MAN

Příloha D: Charakteristiky bezporuchovosti jednotlivý částí vozidel DAF

- datový nosič CD, soubor: Charakteristiky bezporuchovosti jednotlivý částí vozidel DAF

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Doc. Ing. Janu Famfulíkovi, Ph.D. za odborné rady při práci na mé bakalářské práci. Mé díky patří taktéž firmě Čmakal Auto s.r.o. za poskytnutí provozních dat.